

зарегистрирован Министерством культуры и информации Республики Казахстан 04.04.2013 г.  
Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания 13508-Ж.

Издается с января 2003 г.

Приказом №1082 от 10.07.2012 г. Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности.

*В журнале публикуются материалы, отражающие состояние и перспективы развития геологии, горного дела и металлургии не только в нашей стране, но и за рубежом. Журнал освещает проблемы охраны труда и техники безопасности, экономики, подготовки кадров и других вопросов, связанных с горно-металлургическим комплексом. В журнале представлены статьи прикладного характера, результаты фундаментальных исследований, служащие основой для новых технических разработок.*

*При перепечатке материалов ссылка на Горный журнал Казахстана обязательна. Ответственность за достоверность сведений в публикуемых статьях и рекламных материалах несут авторы и рекламодатели. Мнение редакции не всегда может совпадать с мнением авторов.*

**Адрес редакции:**  
050026, г. Алматы,  
ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,  
тел.: +7 (747) 440-46-35  
+7 (747) 343-15-02  
**minmag.kz**

#### Представители журнала:

**Центрально-Казахстанский регион –**  
**ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН**  
vladfdemin@mail.ru

**Российская Федерация, Москва –**  
**ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ**  
shvetsirina@yandex.ru

**Российская Федерация, Сибирский регион –**  
**ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК**  
shaposhnikyury@mail.ru

**Периодичность 12 номеров в год**

**Тираж 1500 экземпляров**

**ISSN 2227-4766**

Подписной индекс **75807** в каталогах:  
**АО «Казпочта»,**  
**ТОО «Эврика-Пресс»,**  
**ТОО «Агентство «Евразия пресс»**

Подписано в печать **28.03.2022 г.**

**Отпечатано:**  
«Print House Gerona»  
ул. Сатпаева 30А/3, офис 124  
тел: + 7 727 250-47-40,  
+ 7 727 398-94-59,  
факс: + 7 727 250-47-39

**УЧРЕДИТЕЛЬ И СОБСТВЕННИК**  
**ТОО «Научно-производственное**  
**предприятие «ИНТЕРРИН»**



**INTERRIN**

#### Главный редактор

**М.Ж. БИТИМБАЕВ**, [mbitimbaev@mail.ru](mailto:mbitimbaev@mail.ru)

#### Заместитель гл. редактора

**Л.А. КРУПНИК**, [leonkr38@mail.ru](mailto:leonkr38@mail.ru)

#### Заместитель гл. редактора

**Х.А. ЮСУПОВ**, [yusupov\\_kh@mail.ru](mailto:yusupov_kh@mail.ru)

#### Ответственный редактор

**Ю.А. БОЧАРОВА**, [Yuliya.Bocharova@interrin.kz](mailto:Yuliya.Bocharova@interrin.kz)

#### Специалист по связям с общественностью

**Т.С. ДОЛИНА**, [Tatyana.Dolina@interrin.kz](mailto:Tatyana.Dolina@interrin.kz)

#### Редакционная коллегия:

**Fathi Habashi** (Canada), Dr. techn. [Vienna], Dr.h.c.

[St. Petersburg], Dr.h.c. [National Tech Univ, Lima],

Dr.h.c. [San Marcos Univ, Lima]

**Fidelis Tawiah Suorineni**, PhD,

Professor of Mining Engineering

**Ж.Д. Байгурин**, д-р техн. наук, профессор

**А.Б. Бегалинов**, д-р техн. наук, профессор

**А.А. Бекботаева**, PhD

**В.А. Белин** (Россия), д-р техн. наук, профессор

**В.И. Бондаренко** (Украина), д-р техн. наук, профессор

**Н.С. Буктуков**, д-р техн. наук, профессор

**А.Е. Воробьев** (Россия), д-р техн. наук, профессор

**С.Ж. Галиев**, д-р техн. наук, профессор

**А.И. Едильбаев**, д-р техн. наук

**А.А. Зейнуллин**, д-р техн. наук, профессор

**Д.Р. Каплунов** (Россия), д-р техн. наук, профессор

**В.Л. Лось**, д-р геол.-минерал. наук, профессор

**В.А. Луганов**, д-р техн. наук, профессор

**Д.Г. Масыгин**

**С.К. Молдабаев**, д-р техн. наук, профессор

**В.С. Музгина**, д-р техн. наук

**В.И. Нифадьев** (Кыргызстан), д-р техн. наук, профессор

**М.Б. Нурпеисова**, д-р техн. наук, профессор

**Е.Н. Ольшанский**, член-корреспондент МАИИ

**Е.А. Петров** (Россия), д-р техн. наук, профессор

**И.Н. Столповских**, д-р техн. наук, профессор

**П.Г. Тамбиев**, канд. техн. наук

**О.Г. Хайитов** (Узбекистан), д-р геол.-минерал. наук

**Р.Р. Ходжаев**, д-р техн. наук

**П.А. Цеховой**

**Т.А. Чепуштанова**, PhD

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

- 3 Колонка главного редактора
- 4 Впереди масштабные проекты ®
- 6 Ультразвуковые технологии AlexPulse ®
- 8 Как цифровая аналитика управляет персоналом без ошибок ®

### Минерально-сырьевые ресурсы

- 10 *Ыдырышев А.К., Тажбенов К.А., Джумагулова Г.Е., Ибраева Г.М.*  
Краткий анализ состояния рынка железорудного сырья в Республике Казахстан

### Развитие горнопромышленного комплекса

- 17 *Пуненков С.Е., Козлов Ю.С.*  
Хризотил-асбест и ресурсосбережение в хризотил-асбестовой отрасли (продолжение)

### Геотехнология

- 23 *Тә С.Г.*  
Повышение эффективности добычи золота на основе технологии оптимизации конструкции горнотехнической системы
- 27 ТОО «НИИПИ» предлагает услуги в сфере недропользования ®

### Геомеханика

- 29 *Абеуов Е.А., Танекеева Г.Д.*  
Қазақстанның кен орындарын игерудің геомеханикалық проблемалары
- 36 *Бочаров М.В.*  
Напряженно-деформированное состояние крепи произвольного очертания и массива горных пород при нелинейном деформировании

### Обогащение полезных ископаемых

- 42 *Vorobyov A.E., Peregodov V.V.*  
Technologies for extracting nanogold from natural and technogenic ores

- 48 Памяти Маркуса Хасеновича Саринжипова

- 49 Памяти Владимира Григорьевича Чагай

- 50 Требования к оформлению статей

### Юбилей

- 52 Мурат Арзаевич Муртазаев (к 70-летию со дня рождения)

## КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович  
Битимбаев**  
*главный редактор*

*Дорогие читатели!*

*Уважаемые коллеги!*

Наступила долгожданная весна. Она пробуждает природу и дает основу урожаю – постоянному, но не всегда обильному, подарку нашей Земли-матушки. Если верить последней публикации (или хотя бы к ней прислушаться), астрофизики Университета Рочестера (Нью-Йорк, США) выдвинули гипотезу, что планета Земля – это разумное существо, физиологическая система, в которой все живое на планете образует огромный суперорганизм Гею, которая обладает механизмом самореализации. Правда, тогда непонятно, за что она мстит человеку, заставляя его голодать, воевать, умирать, убивая друг друга. Видимо, она противодействует нашим неумеренным аппетитам и регулирует наше умение и желание взаимодействовать с Землей. Так что можно сказать: «Ребята, давайте жить дружно!».

Наступил День пробуждения природы и основанный на этом наблюдении праздник тюрков и персов – Наурыз – праздник, опять же связанный с нашим взаимодействием с Землей.

Видимо, все-таки древний человек предвидел на генном уровне, что мы без Земли никуда, даже если вырвемся из ее объятий в космическое переселение. Все сводится к тому, чтобы беречь, лелеять, холить, сохранять нашу родную планету. И об этом подумали горняки всего мира и решили поговорить на эту тему серьезно на 26-ом Всемирном горном конгрессе (WMC), который состоится в г. Брисбене (Австралия) с 26 по 29 июня 2023 года.

Тема Конгресса – «Обеспечение ресурсами завтрашнего дня: создание ценности для общества». Ключевыми целевыми задачами являются создание единой программы «Люди, окружающая среда, производство», основанной на циркулярной экономике, нулевом уровне вреда и отходов, цифровой трансформации. Эти цели достигаются решением программных потоков, предложенных Оргкомитетом:

1. Науки о Земле и открытие;
2. Горная наука и инженерия;
3. Переработка и очистка;
4. Экологическая устойчивость;
5. Автономные системы;
6. Новые горнодобывающие границы;
7. Искусственный интеллект;
8. Социальная деятельность и управление;
9. Критические минералы;
10. Декарбонизация;
11. Здоровье, безопасность и благополучие;
12. Кадры будущего и образование.

Из анализа программы становится ясно, что Горное сообщество беспокоится о результатах взаимодействия человека и Планеты, потому что подспудно вырисовывается проблема полного исчерпания запасов металлов (химических элементов) в традиционной формулировке понятия «полезное ископаемое». Анализ останавливается для различных металлов на пределах 30-150 лет, поэтому мы должны вплотную заниматься и циркулярной экономикой, и новыми горнодобывающими границами, и критическими минералами. Все это нужно для обеспечения здоровья, безопасности и благополучия людей. Эти программы могут быть выполнены, и человечество может быть обеспечено неисчерпаемыми возможностями обеспечения себя металлами, если мы будем «жить дружно»!

Об этом я хотел бы поговорить с вами, дорогие читатели и уважаемые коллеги, уже на страницах для научных публикаций в следующем номере. Может быть, в порядке дискуссии и для подготовки к участию в WMC-2023.

ERG Exploration



## ВПЕРЕДИ МАСШТАБНЫЕ ПРОЕКТЫ

*В январе 2021 года Eurasian Resources Group в целях восполнения и расширения минерально-сырьевой базы всей Группы объявила о создании собственной геологоразведочной компании – АО «ERG Exploration». Компания сегодня занимается полным циклом геологоразведочных работ – от проектирования, маршрутных исследований, геофизических работ и бурения скважин до моделирования месторождений и подготовки отчетов о запасах и ресурсах по международным стандартам типа KAZRC и JORC. Сформирован штат высококвалифицированных специалистов, которые уже приступили к разработке планов разведок, выполнению полевых работ и камеральной обработке материалов всех имеющихся в группе геологоразведочных активов.*

*И День геолога для сотрудников ERG Exploration – это старт поездок, исследований и открытий.*

Для реализации всех поставленных задач АО «ERG Exploration» планирует использовать самые современные технологии: внедрять инновационные и классические геофизические, геохимические методы исследований на основе новейшего оборудования, использовать современные буровые установки, а также применять искусственный интеллект для поиска новых перспективных объектов и другие средства.

Перед компанией поставлена задача организовать непрерывный процесс поиска и разведки месторождений стратегических и высоколиквидных видов

полезных ископаемых. В текущем году развернуты производственные базы в г. Рудный и г. Хромтау, приобретен буровой станок марки Eriqos, и в начале года стартовало бурение на участке Бильге. Ведутся работы по закупке буровых станков производства Sandvik, закуплен комплекс вспомогательной техники и оборудования для проведения геофизических исследований в скважинах, построено кернохранилище в г. Хромтау, начаты работы по строительству еще двух кернохранилищ в г. Рудный и одного – в г. Хромтау, сформирован штат высококвалифицированных геологов, геофизиков и бурового персонала.



**Коллектив АО «ERG Exploration» филиала г. Нур-Султан**



### Открытие разведочного бурения собственными силами АО «ERG Exploration»

В компании используются современные технологии по сбору и анализу геологического материала. Получаемая геологическая информация со всех участков будет накапливаться в единую геоинформационную базу для качественного анализа и интерпретации. Начаты работы по внедрению системы управления базами данных (СУБД). Этот проект направлен на цифровизацию рабочего процесса геологов по сбору первичной геологической информации в полевых условиях. Он призван минимизировать бумажный документооборот и ручное формирование отчетов, автоматизировать работу полевых геологов за счет повышения оперативности по сбору данных, повысить качество информации за счет внедрения фильтров от человеческой ошибки и сокращения времени на поступление документации в головной офис для анализа и интерпретации. Все это позволяет оперативно принимать решения о внесении изменений в процессы и получить максимально эффективный результат. По реализации проекта

будет создана единая электронная база данных по разведочным активам Группы.

Компания уже в нынешнем полевом сезоне планирует применить передовые инновационные геофизические методы: электроразведка методом вызванной поляризации, гравиметрические и магнитометрические работы (БПЛА) с современным оборудованием компаний Geoscan (Российская Федерация), SouthernRock Geophysics S.A (Чили), IRIS (Франция), GEM (Канада), SCINTREX (Канада).

В целом применяемые современные технологии и методы проведения геологоразведочных работ позволяют компании реализовать масштабные геологоразведочные проекты для восполнения и расширения минерально-сырьевой базы Предприятий Группы.

Основой больших планов является сплоченный коллектив единомышленников АО «ERG Exploration», нацеленных на открытие и успех.

*АО «ERG Exploration» поздравляет всех геологов с профессиональным праздником и желает всегда таить доброту и любовь в своем сердце, а в недрах Земли находить полезные ископаемые и «не виданные ранее сокровища». Желаем сил, упорства и терпения, а также уважения, поддержки близких и коллег, ведь самое главное для нас, коллеги – надежный тыл! Успехов в нелегкой работе, азарта и постоянного энтузиазма!*

*«Не искать проторенных путей, и пусть всегда будет счастье!»*

*С праздником, геологи!*



Александра-Плюс

## УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ALEXPULSE

*Компания Александра-Плюс более 20 лет разрабатывает и производит технологическое ультразвуковое оборудование, которое эффективно работает на предприятиях горно-обогатительной промышленности. В преддверии профессионального праздника – Дня геолога – Александра-Плюс поздравляет всех специалистов и рабочих, связанных с этой важнейшей системообразующей отраслью.*

Применение ультразвуковых эффектов многократно описывалось в специальной литературе, в том числе в различных технологических процессах, однако широкого применения в процессах обогащения полезных ископаемых ультразвуковое оборудование не получило. За годы деятельности компания «Александра-Плюс» принимала участие в различных НИОКР, в результате чего удалось добиться положительных результатов применения ультразвукового оборудования на горно-обогатительных предприятиях.

Для улучшения технологических параметров обогащения руды разработаны ультразвуковые погружные блоки (модули) AlexPulse. Ими оснащают широкий спектр моделей фильтровальных машин (СС-Larox, СС-Outotech, KS, ВДФК, КДФ).

Существенными преимуществами ультразвуковых модулей AlexPulse являются: надежный сварной корпус из коррозионностойкой стали толщиной не менее 2 мм, интенсивное ультразвуковое поле, повышенная мощность, стабильная работа в различных технологических режимах. Ультразвуковые блоки производства «Александра-Плюс» эффективно работают на таких предприятиях как: «Kazmineral», «Казцинк», «Казахмыс», «Казхром», «Русская медная компания»,



**Рис. 1. Ультразвуковые погружные блоки (модули) AlexPulse.**



**Рис. 2. AlexPulse MO – 770. Ультразвуковая установка очистки фильтроэлементов керамических и тканевых фильтров.**

«РУСДРАГМЕТ». Важным отличием ультразвуковых блоков AlexPulse по сравнению с дорогостоящими аналогами европейского производства (Outokumpu, Finnsonic и других) отмечено преимущество по критерию «цена – качество».

Помимо очистки керамических фильтров специалисты компании отрабатывают технологию восстановления других фильтровальных материалов. В частности, были проведены работы по очистке фильтровальной ткани от поверхностных и внутритканевых отложений продуктов обогащения (свинец, цинк, медь), приводящих к плохой пропускной способности и снижению фильтрующих свойств. Полученные результаты показали эффективность ультразвуковой очистки и доказали увеличение срока службы фильтровальной ткани на 50%. В настоящий момент проводятся опытно-промышленные испытания разработанной установки AlexPulse MO-770 в производственных условиях одного из заказчиков.



Дополнительную обработку сырья возможно реализовать при помощи ультразвуковых установок проходного типа, которые встраиваются в технологические трубопроводы и транспортные потоки. Контактные ультразвуковые излучатели устанавливаются на наружной поверхности



**Рис. 3. Контактные ультразвуковые излучатели AlexPulse HO – 407.**



**Рис. 4. Комплект ультразвуковых излучателей AlexPulse HO – 330, установленных на технологическом трубопроводе.**

активационной камеры, которая может иметь различную конфигурацию. Подобные установки могут решать такие задачи как:

- оттирка поверхности минералов, удаление поверхностных пленок;
- интенсивная дезинтеграция минеральных комплексов;
- обесшламливание и интенсификация процессов отмывки высокоглинистых материалов;
- обработка реагентов с целью интенсификации процессов флотации.

В зависимости от времени, необходимого для обработки сырья, рассчитывается диаметр и протяженность участка ультразвуковой обработки. Проходя через активное ультразвуковое поле камеры таких установок, происходит вскрытие микropор породы, осуществляется дезинтеграция крупных сростков, разрыв и отделение поверхностных пленок, что влияет на производительность технологической системы и экономические показатели всего процесса.

#### *Технические характеристики Alexpulse MO-724*

Параметр	Значение
Габариты с открытой дверью, Д × Ш × В, мм	4950 × 2890 × 2990
Масса оборудования «сухая», кг	2300
Объем накопительного бака, л	2000
Температурное исполнение, °С	до 85
Полная установленная мощность, кВт	60
Диаметр очищаемой детали, м	до 2
Высота очищаемых деталей, м	0,8
Масса очищаемой детали, кг	2 000



**Рис. 5. Установка струйной очистки модели Alexpulse MO-724.**

Для проведения отработки технологического процесса наша компания обладает специализированной ультразвуковой лабораторией, где можно моделировать различные условия происходящих процессов и определять влияние ультразвука на конечный результат. Похожим образом в настоящий момент осуществляется имитация процесса флотации с применением ультразвука. Изготовленные образцы лабораторного оборудования были произведены, испытаны на работоспособность и отправлены для испытаний в производственных условиях.

Кроме основного направления – производства ультразвукового оборудования – компания осваивает смежное направление – разработку и изготовление струйного моечного оборудования. Одним из недавних проектов была поставка струйной моечной машины для Лебединского ГОКа, крупнейшего в России и СНГ предприятия по добыче и обогащению железной руды. Данная машина предназначена для очистки деталей машин, узлов и агрегатов от нагаров, эксплуатационных и производственных загрязнений. Установка струйной очистки Alexpulse MO-724 обеспечивает подготовку деталей перед проведением ремонтно-восстановительных работ.

#### **ООО «Александра-Плюс»**

Россия, г. Вологда, ул. Благовещенская, д. 102

Телефон: (8172) 72-40-88

E-mail: [mail@alexplus.ru](mailto:mail@alexplus.ru)

[www.alexplus.ru](http://www.alexplus.ru)

## КАК ЦИФРОВАЯ АНАЛИТИКА УПРАВЛЯЕТ ПЕРСОНАЛОМ БЕЗ ОШИБОК

*Компания ЮКОР ГРУПП внедряет комплексные системы на основе аналитики, автоматизируя большинство охранных и контрольных процессов, связанных с системами безопасности, а также мы автоматизируем бизнес-процессы, связанные с ручным вводом и человеческим контролем, где могут быть допущены ошибки, которые приводят к лишним затратам, несчастным случаям на производстве и разным потерям в качестве, на этапах построения процессов взаимодействия внутри предприятия.*

**TARGControl** – облачное решение, позволяющее вести учет рабочего времени, контролировать работу сотрудников, получать расширенную аналитику по всем процессам, происходящим в организации.

Внедрение TARGControl в организации:

- повышает трудовую дисциплину;
- автоматизирует рутинные процессы;
- облегчает и ускоряет работу руководителей, бухгалтеров, специалистов по кадрам;
- избавляет от «бумажной» работы;
- сокращает затраты на ФОТ до 10%.

*Цифровизация в настоящее время диктует новые правила, где часть ответственности за качественную работу сотрудника в целом переносится на него самого и контролируется автоматизированными системами.*

**Учет рабочего времени (УРВ)** – одна из главных функций, представленных в системе TARGControl. Сотрудники могут отмечать рабочие интервалы:

- на планшетах/смартфонах с приложением TimePad;
- на персональном мобильном устройстве с приложением TARGControl;
- в личном кабинете в веб-версии системы.

### Сводка

Вся информация по сотрудникам и событиям в организации за текущий день представлена в виде дашборда. Сводка доступна в веб-версии системы, а также в приложении TARGControl app. Здесь можно быстро проверить:

- присутствие сотрудников на рабочем месте;
- отработанные за день часы;
- количество нарушений и непройденных проверок;
- количество событий, ожидающих согласований;
- актуальность инструктажей и справок сотрудников.

### Автоматическая генерация таблиц

TARGControl автоматически создает таблицы учета рабочего времени. При этом гибкие настройки позволяют выбрать параметры, по которым будет формироваться табель. Преимущества создания таблиц в TARGControl:

- упрощает работу кадровых специалистов и экономит время;



- исключает ошибки со стороны сотрудников;
- можно экспортировать таблицы и рассылать их ответственным лицам.

### Планирование ФОТ

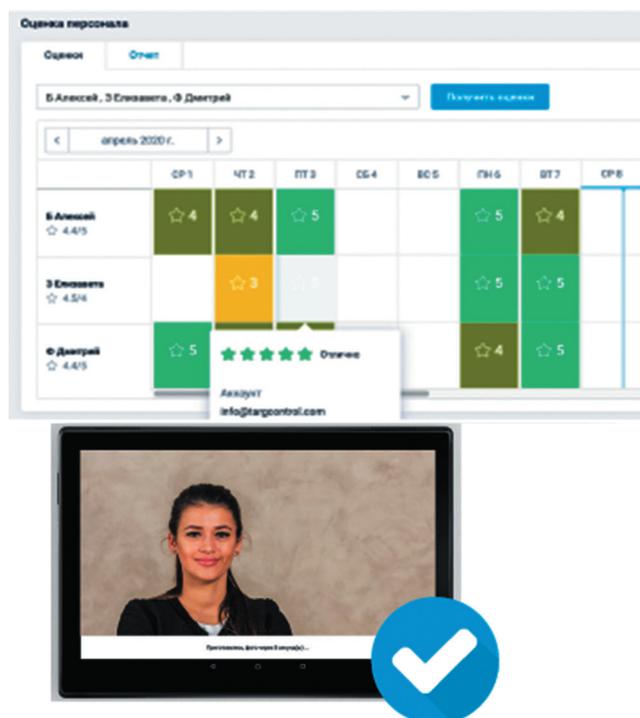
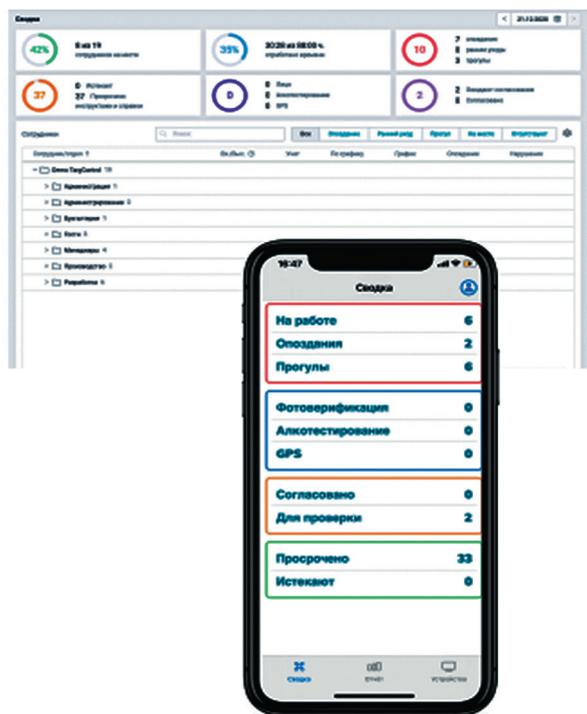
TARGControl может рассчитывать планируемый и фактический ФОТ сотрудников за месяц и день, что особенно актуально для организаций с почасовой оплатой труда.

### Мониторинг документов сотрудников

Следите за актуальностью инструктажей, справок, санитарных книжек и других документов сотрудников. Прикрепляйте копии реальных документов, получайте уведомления по почте и в мессенджерах об истечении их срока действия.

### Оценка персонала

Оценивайте своих сотрудников по результатам работы за каждый рабочий день с возможностью просмотра истории и генерации отчета по сотрудникам за период.



### Защита от обмана со стороны сотрудников

В системе предусмотрены дополнительные проверки сотрудников при идентификации на устройстве с приложением TimePad: проверка по лицу (фотоверификация) и проверка местоположения устройства по координатам GPS. Благодаря проверкам сотрудники не смогут отметить себя за другого человека либо вне рабочего места.

### Рассылка уведомлений и отчетов

Отправляйте мгновенные уведомления о выбранных событиях (например, нарушениях) и рассылки с отчетами и таблицами ответственными лицам по мессенджерам, электронной почте и в приложении TARGControl.

### Отправка сообщений сотрудникам

Предупреждайте работников о важных изменениях, событиях организации, поздравляйте с Днем рождения и т.д. непосредственно в системе. После отправки сообщения будут показаны сотруднику в момент идентификации на устройстве TimePad, в приложении TARGControl, а также в личном кабинете в веб-версии системы TARGControl.

### Согласование событий и нарушений

Инструмент, позволяющий руководителям ускорить работу и уйти от бумажного документооборота.

При согласовании событий, которые не вписываются в рамки рабочего графика (больничный, отгул, отпуск, ранний уход и т.д.), время события не будет учитываться как нарушение. Согласовать событие можно как в веб-версии системы, так и в мобильном приложении TARGControl Mobile.

### Учет ТМЦ

Модуль ТМЦ позволяет контролировать факт передачи сотруднику товарно-материальных ценностей. Информация о дате передаче и типе имущества хранится в системе с возможностью в последующем сформировать:

- акты передач ТМЦ за промежутки времени;
- отчет по сотруднику;
- отчет по ТМЦ.

В заключение можем сказать, что автоматизация всех процессов с использованием различного программного обеспечения как локального, так и облачного, которое исключает ошибки пресловутого «человеческого фактора», несомненно ведет к улучшению качественных и количественных показателей работы любой компании, что непременно сказывается на продуктивности, оптимизации затрат и процессов внутри предприятия, а также в конкурентной борьбе во внешнем взаимодействии.

Инсталлятор комплексных систем безопасности  
ТОО ЮКОР ГРУПП

РК, г. Нур-Султан, БЦ Номад, ул. Сыганак 54/2, 3 этаж, офис 1  
+ 7 707 302 36 30

[www.rcam.kz](http://www.rcam.kz)  
[yukor.group@mail.ru](mailto:yukor.group@mail.ru)

Код МРНТИ 52.29.29

А.К. Ыдырышев, К.А. Тажбенов, Г.Е. Джумагулова, Г.М. Ибраева

Республиканское государственное предприятие «Национальный центр технологического прогнозирования»  
Комитета индустриального развития Министерства индустрии и инфраструктурного развития  
Республики Казахстан (г. Алматы, Казахстан)

## КРАТКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЫНКА ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы отечественного рынка железорудного сырья и пути их решения. Установлено, что запасы железных руд определяют развитие черной металлургии, в целом, и сталеплавильной отрасли, в частности, обеспечивая их необходимым сырьем, а также закрывая потребность отечественного машиностроения в литье и сплавах, что гарантирует производство металлопроката в широком ассортименте. Особое внимание уделено анализу объемов добычи железорудного сырья в разрезе регионов с указанием производителей и потребителей данной продукции. Отражены основные продуктовые тенденции железорудного сырья, производимого в стране, изучены вопросы ценообразования. Подчеркивается, что объемы разведанной железорудной базы Казахстана могут обеспечить значительное увеличение производства железорудного сырья с учетом перспектив развития производства и потребления железорудного сырья в Республике Казахстан.

**Ключевые слова:** железная руда, железорудное сырье, рынок, экспорт, импорт, черная металлургия.

### Қазақстан Республикасындағы темір кені шикізат нарығының жай-күйін қысқаша талдау

**Аңдатпа.** Мақалада отандық темір кенді шикізат нарығындағы проблемалар және оларды шешу жолдары қарастырылған. Қара түсті металлургия мен ел экономикасының дамуына, болат балкыту және металл жаймалауды өндірумен, қорытпалармен балкыту тізбегіне кең алкымды сұрыптамалардың отандық машина жасау саласын қамтамасыз ететініне кепілдік беретіні анықталған. Осы өнімдерді өндірушілер мен тұтынушыларды көрсете отырып, өңірлер бойынша темір рудасын өндіру көлемдерін талдауға ерекше назар аударылған, республикада өндірілетін темір рудасының негізгі өнім тенденциялары көрсетілген, баға белгілеу мәселелері зерттелген. Қазақстанның барланған темір рудасы базасының көлемдері Қазақстан Республикасындағы темір рудасын өндіру мен тұтынудың даму перспективаларын ескере отырып, темір рудасын өндіруді айтарлықтай арттыруды қамтамасыз ете алатыны аталып көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** темір кені, шикізат, темір кенді шикізат нарығы, экспорт, импорт, қара түсті металлургия.

### Brief analysis of iron ore raw material market in the Republic of Kazakhstan

**Abstract.** This article discusses the problems of the domestic market of iron ore raw materials (further as iron ore) and ways to solve them. It is established that the iron and steel industry determines the development of ferrous metallurgy, in general, and the steelmaking industry, in particular, providing them with the necessary raw materials, as well as the need for domestic engineering in casting and alloys, which guarantees the production of rolled metal in a wide range. Particular attention is paid to the analysis of the volume of production of iron ore in the context of regions, indicating the producers and consumers of these products, the main product trends of iron ore produced in the country are reflected, pricing issues are studied. It is emphasized that the volumes of the explored iron ore base of Kazakhstan can provide a significant increase in the production of iron ore, taking into account the prospects for the development of production and consumption of iron ore raw materials in the Republic of Kazakhstan.

**Key words:** iron ore, iron ore raw materials, market, export, import, ferrous metallurgy, volume of production, steelmaking industry, rolled metal, consumption.

### Введение

Актуальность настоящей работы обусловлена важной ролью железорудного сырья (ЖРС) в развитии черной металлургии в мире, в том числе, сталеплавильной отрасли, следовательно, и производства металлопроката с широкой номенклатурой сортамента, а также в обеспечении машиностроительной промышленности литьем и сплавами.

Значимость черной металлургии для мировой экономики выражена активным развитием сталеплавильного производства, связанным с ростом спроса на металлургическую продукцию на соответствующем рынке.

Изучение мирового рынка железорудного сырья позволит прогнозировать развитие ситуации на среднесрочный и долгосрочный периоды, выявлять ценовые и производственные тенденции, что даст возможность разработать стратегию дальнейшего развития отечественной железорудной базы, а также черной металлургии, в том числе, сталеплавильной.

Мировой рынок железной руды обладает некоторыми отличительными особенностями, которые заключены

в следующем: предложение формируется небольшим количеством стран мира, число добывающих компаний также невелико, при этом значительное влияние на мировой спрос оказывает крупнейший потребитель ЖРС и, соответственно, лидер в производстве стали – Китай<sup>1, 2</sup>.

Железорудная продукция производится в более чем сорока странах мира, однако политику в области развития минерально-сырьевой базы ЖРС, экспортно-импортных операций, ценообразования определяют пять государств – Австралия, Бразилия, Китай, Индия и Россия. Совокупная доля этих стран в выпуске товарного ЖРС превышает 3/4 мирового производства, они же располагают крупнейшими запасами железной руды<sup>3</sup>.

На конъюнктуру рынка оказывает серьезное влияние тенденция снижения качества железорудного сырья в мире – за последние 25 лет содержание железа в добываемых рудах уменьшилось в 1,3 раза. При этом требования к качеству магнетитового концентрата растут – большим спросом пользуются концентраты с массовой долей железа 69-70% (с содержанием диоксида кремния – не более 2,5-3% и серы – не более 0,06-0,08%).

<sup>1</sup>World Steel in Figures. – 2021. – 31 с.

<sup>2</sup>Левчук К. Цены на железную руду в Китае за неделю выросли на 7%: <https://gmk.center/news/>

<sup>3</sup>Seven countries with the largest iron ore reserves in the world. By NS Energy Staff Writer 29 Jun 2021: <https://www.nsenerybusiness.com/features/world-iron-ore-reserves-countries/>

Таблица 1

Распределение балансовых запасов железных руд по степени промышленного освоения по регионам Казахстана

Кесте 1

Қазақстан аймақтарында өнеркәсіптің даму дәрежесі бойынша темір кенінің баланстық қорларының бөлінуі

Table 1

Distribution of iron ore balance reserves according to the degree of industrial development in the regions of Kazakhstan

Регион	Количество объектов с балансовыми запасами	Запасы категории A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub> тыс. т	% к запасам РК	Эксплуатируемые		Разведываемые		Резервные	
				Количество объектов	Запасы категории A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub> тыс. т	Количество объектов	Запасы категории A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub> тыс. т	Количество объектов	Запасы категории A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub> тыс. т
Западный	4	1924060,8	9,8	3	950373,1	1	973687,7	–	–
Северный	24	15926047,3	80,8	12	5931763,6	6	332310,6	6	9661973,1
Центральный	18	1505648,8	7,6	10	697617,9	2	731801,0	6	76229,8
Восточный	1	958,5	< 0,01	1	958,5	–	–	–	–
Южный	3	355359,2	1,8	1	327080,0	1	28277,0	1	2,2
Всего по РК	50	19712074,6	100	27	7907793,2	10	2066076,3	13	9738205,1

Высокое качество магнетитовых концентратов позволяет значительно сократить затраты в металлургическом переделе, в связи с этим, вопросы развития технологий обогащения, производства и переработки железорудного сырья выходят на первый план [1].

#### Производство железорудного сырья

В Казахстане имеющаяся мощная сырьевая база, растущее внутреннее потребление стали, а также увеличивающийся спрос на ЖРС со стороны соседних государств требуют разработки и реализации комплекса мер по развитию железорудного сегмента горно-металлургического комплекса РК.

Государственным балансом запасов полезных ископаемых Республики Казахстан учитываются 66 объектов (59 месторождений и 2 объекта техногенных минеральных образований (ТМО)) железных руд, из которых на 15 объектах числятся только забалансовые запасы<sup>4</sup>.

Месторождения расположены в Актюбинской (Велиховское Северное, Велиховское Южное, Приорское, Бенкалинское и Кок-Булак), Акмолинской (Атансор, Тлеген, Масальское), Восточно-Казахстанской (Иртышский медеплавильный завод, ТМО), Жамбылской (Акжар-Сарытума), Карагандинской (Бапы, Богач, Большой Ктай, Жомарт, Западный Каражал, Каратас I, Каратас II, Кентобе, Средний Ктай, Средний Ктай ТМО, Тастау, Тогай-2, Тур, Ушкатын I, Ушкатын III, Шоинтас, Балбраун, Восточный Каратас, Карадыр, Керегетас, Восточный Каражал, Жайрем (уч. Восточный), Карсакпайская группа, Тогай-1, Керегетас, Восточное – Сюртысу-III), Костанайской (Сарбайское, Соколовское, Куржункульское,

Качарское, Лисаковское, Елтайское I, Елтайское II, Елтайское III, Елтай-4, Адаевское, Копоткинское, Шагыркульское, Сорское, Алешинское, Ломоносовское, Южно-Ломоносовское, Аятский железорудный бассейн, Кировское, Сарыобинское), Кызылординской (Кутан-Булак, Талды-Эспе), Северо-Казахстанской (Сырымбет), Южно-Казахстанской (Абаил, Ирисуйское, Сусинген) областях.

На месторождениях Приорское, Кок-Булак, Богач, Большой Ктай, Тур, Балбраун, Керегетас, Жайрем (уч. Восточный), Карсакпайской группе, Кировское, Сарыобинское, Кутан-Булак, Талды-Эспе, Сырымбет, Сусинген учтены только забалансовые запасы.

Следует отметить, что балансовые запасы железных руд Казахстана<sup>5</sup> составляют около 20 млрд т; забалансовые – около 11,5 млрд т (из них законсервировано 303 млн т); в промышленное освоение вовлечено 50,6% балансовых запасов (табл. 1).

Преимуществом казахстанской железной руды является ее довольно высокое качество. Легкообогащаемые руды составляют 73,1% балансовых запасов железных руд Казахстана, труднообогащаемые – 20%, а 6,9% представлены рудами, не требующими обогащения<sup>4</sup>.

В 2021 г., по данным Energurgom, добыча в стоимостном выражении достигла рекордных 970,5 млрд тг, за аналогичный период 2020 г. показатель был 478,3 млрд тг (рост более чем в 2 раза). При этом индекс промышленного производства<sup>5</sup> находился на уровне 102,1%. График добычи руд представлен на рис. 1.

Среди регионов РК по объему добычи железных руд со стоимостным объемом 821 млрд тг лидирует

<sup>4</sup>Официальный информационный ресурс Премьер-Министра Республики Казахстан: <https://www.primeminister.kz/>

<sup>5</sup>Бюро национальной статистики: [www.stat.gov.kz](http://www.stat.gov.kz)

**Таблица 2**  
**Сравнительное распределение добычи железных руд по регионам в 2020-2021 гг., тыс. т**

**Кесте 2**  
**2020-2021 жж. облыстар бойынша темір рудасын өндіруді салыстырмалы бөлу, мың тонна**

**Table 2**  
**Comparative distribution of iron ore mining by regions in 2020-2021, thousand tons**

	2020	2021
<b>Руды железные неагломерированные</b>		
Республика Казахстан	8306,3	38586,5
Актюбинская область	348,6	760,5
Карагандинская область	5596,3	5043
Костанайская область	1898,4	32400
Туркестанская область	46,8	60,5
<b>Руды железные агломерированные</b>		
Республика Казахстан	13678	113,0
Акмолинская область	–	113,0
Костанайская область	13678	–
<b>Окатыши железорудные, кг</b>		
Республика Казахстан	4814,3	5793,8
Костанайская область	4814,3	5793,8

Костанайская область, далее следует Карагандинская область – 127 млрд тг, на четыре остальных региона всего приходится 22,5 млрд тг.

Если рассматривать в натуральном выражении, Костанайская область<sup>5</sup> с объемом добычи 32,4 млн т железных руд (неагломерированных) обеспечила 84,7% общей добычи страны (табл. 2). Второе место по добыче занимает Карагандинская область с объемом 5,0 млн т, что на 9,9% меньше, чем за 2020 г. Оставшийся объем пришелся на Актюбинскую (760,5 тыс. т) и Туркестанскую (60,5 тыс. т) области.

Согласно данным Комитета статистики МНЭ РК<sup>5</sup>, по итогам 2021 г. объем производства железорудного сырья (изготовление из добытой руды с применением технологий обогащения окатышей и другой продукции ЖРС) составил 63705,3 тыс. т, т. е. вырос на 39% по сравнению с 2020 г. ранее (рис. 2). Объем производства железной руды за период с 2017 г. (38728,2 тыс. т) по 2021 г. (63705,3 тыс. т) показал рост на 64,5%. Тенденцию роста<sup>5</sup> также продемонстрировали все типы ЖРС, производимого в стране (табл. 3).

Таким образом, среднегодовые объемы производства ЖРС в стране растут ежегодно. Основные производители представлены двумя компаниями: экспортно-ориентированным АО «Соколовско-Сарбайское ГПО» и ТОО «Оркен», являющимися подразделениями единственного в республике производителя чугуна и конвертерной стали – АО «АрселорМиттал Темиртау»<sup>6</sup>.

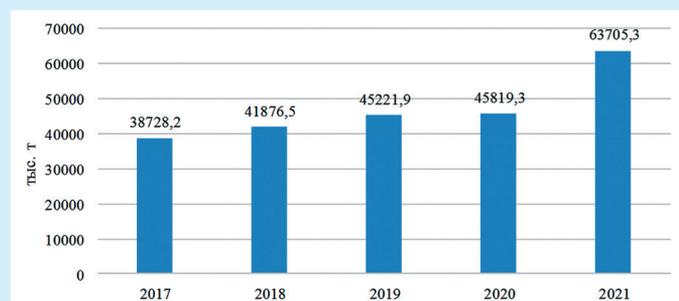
Мощная сырьевая база наряду с перспективами увеличения экспортных отгрузок руды, а также значительный потенциал внутреннего потребления стальной продукции способствуют сохранению высокой инвестиционной активности в железорудном сегменте ГКМ Казахстана<sup>7</sup>.

В сфере же экспорта отмечается снижение интереса к отечественному ЖРС со стороны основных стран-потребителей (Китай, Россия) примерно на 10%, вследствие снижения поставок казахстанских окатышей и концентрата в Россию. При этом прослеживается направленность сбыта казахстанского сырья в РФ, обусловленная географической близостью, низкой стоимостью транспортировки и более высокой рентабельностью поставок на Урал по сравнению с северо-западными районами Китая [2].

Следует заметить, что объемы разведанной железорудной базы Казахстана могут обеспечить значительное увеличение производства ЖРС, однако лимитирующим фактором является проблема сбыта сырья.



**Рис. 1. Добыча железных руд в 2017-2021 гг. в стоимостном выражении (млрд тенге).**  
**Сурет 1. 2017-2021 жж. темір рудасын өндіруді құны бойынша (млрд тенге).**  
**Figure 1. Iron ore mining in 2017-2021 in value terms, (billion tenge).**



**Рис. 2. Объемы производства железорудного сырья в РК в 2017-2021 гг. (тыс. т).**  
**Сурет 2. Қазақстан Республикасында 2017-2021 жж. темір рудасы шикізатын өндіруді көлемі (мың тонна).**  
**Figure 2. Volumes of production of iron ore raw materials in the Republic of Kazakhstan in 2017-2021 (thousand tons).**

<sup>6</sup>SkyBridge Invest. Инвестиционный меморандум по простым акциям АО «Горнорудная компания Бенкала»: <https://sbinvest.kz/news/prostye-akcii-ao-gornorudnaya-kompaniya-benkala-proshli-proceduru-list.html>

<sup>7</sup>Филькевич Н. Железные перспективы. // Kazakhstan. – 2014. – №3. Онлайн журнал: <http://investkz.com/journals/97/1251.html>

Таблица 3

Добыча промышленной продукции в натуральном выражении в 2017-2021 гг., тыс. т

Кесте 3

2017-2021 жж. физикалық мәнде өнеркәсіп өнімдерін өндіру, мың тонна

Table 3

Production of industrial products in physical terms in 2017-2021, thousand tons

Наименование	2017	2018	2019	2020	2021
Руды железные	38728,2	41876,5	45221,9	45819,3	63705,3
Руды и концентраты железные неагломерированные	17918,7	19126,2	19867,4	20965,7	х
Руды железные неагломерированные	7106,4	7398,6	8224,5	8306,3	38586,5
Концентраты железорудные	10812,3	11727,6	11642,9	12659,4	13100,1
Руды и концентраты железные агломерированные, кроме пирита обожженного	20809,5	22750,3	25354,5	24244,1	х
Руды железные агломерированные	10902,3	х	х	13678	х
Агломерат железорудный	5385,6	4904,0	5551,1	5751,8	5615,6
Окатыши железорудные	х	х	х	4814,3	5793,8

### Ценообразование на рынке железорудного сырья

Ситуацию на рынке ЖРС отслеживают информационно-аналитические агентства США и Великобритании. В настоящее время индексы спотовых цен рассчитывают (на основе импортных цен трейдеров железной руды из Австралии, Индии и Бразилии) и публикуют три компании: Platts (индекс IODEX), The Steel Index (индекс TSIPIO) и Metal Bulletin (индекс MBIIOI). Обычно стоимость железорудных свопов устанавливается на основе среднего индекса спотовых цен на железорудную мелочь с содержанием железа в руде 62%, поставляемую в Северный Китай [2]. В связи с повышением спроса со стороны производителей стали, включая Китай и США, с 2016 г. железная руда начала дорожать.

На сегодня одним из инициаторов системы ценообразования является Магнитогорский металлургический комбинат, подписавший трехлетний контракт с «Металлоинвестом» на поставку окатышей и концентрата Михайловского ГОК суммарным объемом порядка 250 тыс. т в месяц. Фактически, этот российский потребитель диверсифицировал закупки железорудного сырья, отказавшись от части объемов закупок сырья у поставщика – казахстанского ССППО. При этом контракт ССППО на поставку железорудного сырья Челябинскому металлургическому комбинату не позволил избежать падения экспортных поставок в Россию [2].

На динамику цен могут оказывать влияние сокращение переизбытка железной руды на рынке в связи с закрытием нерентабельных производств и увеличение спроса на железную руду со стороны сталелитейной промышленности.

### Перспективы развития производства и потребления железорудного сырья

Существующая сырьевая база наряду с перспективами увеличения экспортных отгрузок руды, а также важный потенциал внутреннего потребления стальной продукции содействуют сохранению высокой инвестиционной активности в железорудном

сегменте ГКМ Казахстана. Так, до 2025 г. по Карте индустриализации запланирован запуск 490 проектов обрабатывающей промышленности, в том числе: в горно-металлургическом комплексе – 119, включая фабрики по добыче и обогащению руды, в машиностроении – 72, что, несомненно, предполагает развитие производства и потребления ЖРС<sup>8</sup>.

Необходимо отметить, что отечественный рынок черных металлов в течение последних лет трактуется ростом производственных мощностей только лишь за счет мини-заводов, то есть развития электросталеплавильного производства, которое является базой для выпуска длинномерного проката. Этому способствуют также достаточно большие объемы лома черных металлов, образующегося в республике (около 5 млн т ежегодно при потребности, примерно, в 1 млн т), что делает развитие электросталеплавильного направления экономически целесообразным.

### Выводы

Главной железорудной базой республики являются магнетитовые и осадочные месторождения бурых железняков Северного Казахстана, запасы которых исчисляются миллиардами тонн. В стране учтены 59 месторождений железных руд, однако в промышленное освоение вовлечено 50,6% балансовых запасов при наличии двух объектов техногенных минеральных образований, что в перспективе позволяет вовлечь в переработку забалансовые руды и техногенные минеральные образования без освоения новых месторождений.

Балансовые запасы железных руд Казахстана составляют 19712074,6 тыс. т. В промышленное освоение вовлечена половина балансовых запасов (в расчет включены 37 объектов с балансовыми запасами, на которые заключены контракты с недропользователями).

В настоящее время главным направлением сбыта казахстанского сырья остается Россия, хотя рентабельность поставок в северо-западные провинции Китая во время последних лет увеличивается. Следует отметить

<sup>8</sup>Елюбаева А. По карте индустриализации до 2025 года запустят 490 предприятий. <https://kapital.kz/>

образование такого перспективного направления экспорта, как Афганистан, экономическое восстановление и развитие которого потребует значительных объемов металлоконструкций для жилищного строительства и формирования транзитно-транспортных коридоров.

Таким образом, объемы разведанной железорудной базы и балансовые запасы железных руд Казахстана позволяют обеспечить значительное увеличение производства ЖРС с учетом перспектив развития его производства, внутреннего потребления и поставок за рубеж.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петренко Е.С., Вечкинзова Е.А., Уразбеков А.К. Анализ состояния и перспективы развития горнометаллургической отрасли Казахстана // *Экономические отношения*. – 2019. – Т. 9. – №4. – С. 2661-2676 (на русском языке)
2. Омельченко И.Н., Кузнецов А.А. Новые тенденции на рынке железорудного сырья. // *Гуманитарный вестник*. – 2017. – №8. – С. 7-11 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Петренко Е.С., Вечкинзова Е.А., Уразбеков А.К. Қазақстанның тау-кен металлургия саласының жай-күйі мен даму перспективаларын талдау. // *Экономикалық қатынастар*. – 2019. – Т. 9. – №4. – Б. 2661-2676 (орыс тілінде)
2. Омельченко И.Н., Кузнецов А.А. Темір кені шикізаты нарығындағы жаңа тенденциялар. // *Гуманитарлық хабаршы*. – 2017. – №8. – Б. 7-11 (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Petrenko E.S., Vechkinzova E.A., Urazbekov A.K. Analiz sostoyaniya i perspektivy razvitiya gornometallurgicheskoy otrasli Kazaxstana [Analysis of the state and prospects of development of the mining and metallurgical industry of Kazakhstan]. // *E'konomicheskie otnosheniya = Economic relations*. – 2019. – Vol. 9. – №4. – P. 2661-2676 (in Russian)
2. Omelchenko I.N., Kuznetsov A.A. Novye tendencii na rynke zhelezorudnogo syr'ya [New trends in the iron ore raw materials market]. // *Gumanitarnyj vestnik = Humanitarian Bulletin*. – 2017. – №8. – P. 7-11 (in Russian)

#### Сведения об авторах:

**Ыдырышев А.К.**, генеральный директор Республиканского государственного предприятия «Национальный центр технологического прогнозирования» Комитета индустриального развития Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (г. Алматы, Казахстан), [director@nctp.kz](mailto:director@nctp.kz); <https://orcid.org/0000-0003-2882-5752>

**Тажбенов К.А.**, заместитель заведующего департаментом научно-технической информации и прогнозирования Республиканского государственного предприятия «Национальный центр технологического прогнозирования» Комитета индустриального развития Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (г. Алматы, Казахстан), [k.tazhbenov@nctp.kz](mailto:k.tazhbenov@nctp.kz); <https://orcid.org/0000-0001-8989-0334>

**Джумагулова Г.Е.**, эксперт-переводчик Республиканского государственного предприятия «Национальный центр технологического прогнозирования» Комитета индустриального развития Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (г. Алматы, Казахстан), [g.dzhumagulova@nctp.kz](mailto:g.dzhumagulova@nctp.kz); <https://orcid.org/0000-0002-2753-7399>

**Ибраева Г.М.**, PhD, научный сотрудник Республиканского государственного предприятия «Национальный центр технологического прогнозирования» Комитета индустриального развития Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (г. Алматы, Казахстан), [g.ibrayeva@nctp.kz](mailto:g.ibrayeva@nctp.kz); <https://orcid.org/0000-0002-3005-4021>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Ыдырышев А.К.**, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі Индустриялық даму комитетінің «Ұлттық технологиялық болжау орталығы» республикалық мемлекеттік қазыналық кәсіпорнының бас директоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Тажбенов К.А.**, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі Индустриялық даму комитетінің «Ұлттық технологиялық болжау орталығы» республикалық мемлекеттік қазыналық кәсіпорны ғылыми-техникалық ақпарат және болжау департаменті басшысының орынбасары (Алматы қ., Қазақстан)

**Джумагулова Г.Е.**, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі Индустриялық даму комитетінің «Ұлттық технологиялық болжау орталығы» республикалық мемлекеттік қазыналық кәсіпорнының сарапшы-аудармашысы (Алматы қ., Қазақстан)

# Минерально-сырьевые ресурсы

*Ибраева Г.М.*, PhD, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі Индустриялық даму комитетінің «Ұлттық технологиялық болжау орталығы» республикалық мемлекеттік қазыналық кәсіпорнының ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

## Information about the authors:

*Ydyryshev A.K.*, General Director of the Republican State Enterprise «National Center for Technological Forecasting» of the Committee for Industrial Development of the Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan)

*Tazhenov K.A.*, Deputy Head at the Department of Scientific and Technical Information and Forecasting of the Republican State Enterprise «National Center for Technological Forecasting» of the Committee for Industrial Development of the Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan)

*Dzhumagulova G.E.*, Expert-translator of the Republican State Enterprise «National Center for Technological Forecasting» of the Committee for Industrial Development of the Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan)

*Ibrayeva G.M.*, PhD, Researcher of the Republican State Enterprise «National Center for Technological Forecasting» of the Committee for Industrial Development of the Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan)



ME Elecmetal предоставляет инновационные решения, техническую поддержку и индивидуальный подход. Ценные наработки в нашем арсенале позволяют предложить комплексные решения в области измельчения в соответствии с вашими потребностями. Мы с клиентами на одной волне: мы намечаем общие цели и своевременно реагируем на запросы. ME Elecmetal поможет вам оптимизировать рабочие процессы, продлить срок службы изнашиваемых деталей, снизить операционные риски и повысить прибыльность



### ME Elecmetal

Тел: +7 914 880 4545

+7 777 247 0787

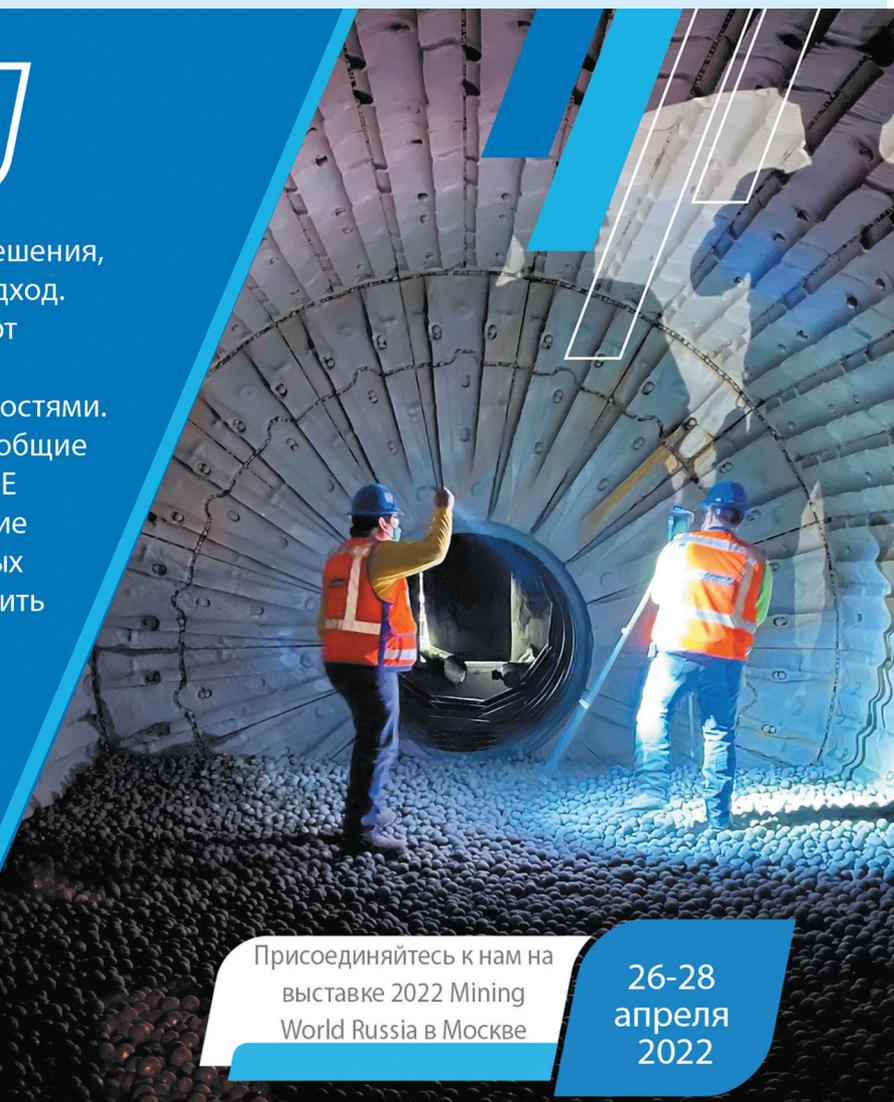
+1 778 875 7525

Эл.Почта: [russia@meglobal.com](mailto:russia@meglobal.com)

[www.me-elecmetal.com](http://www.me-elecmetal.com)

Присоединяйтесь к нам на  
выставке 2022 Mining  
World Russia в Москве

26-28  
апреля  
2022



# MinTech-2022

28/29/30-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ,  
УГОЛЬНОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**18-20 мая**  
**г.Усть-Каменогорск**

**24-26 мая**  
**г.Павлодар**

**12-14 октября**  
**г.Актобе**



**КАЗАХСТАН**

[www.kazexpo.kz](http://www.kazexpo.kz)

По вопросам участия  
обращайтесь к организаторам:



тел: 8 (727) 250-75-19, 313-76-29  
моб.: +7 707 456-53-07  
e-mail: [kazexpo@kazexpo.kz](mailto:kazexpo@kazexpo.kz)

Код МРНТИ 52.45.03

С.Е. Пуненков<sup>1</sup>Ю.С. Козлов<sup>2</sup><sup>1</sup>Публичное акционерное общество «Уральский асбестовый горно-обогатительный комбинат» (г. Асбест, Россия),<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург, Россия)

## ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТОВОЙ ОТРАСЛИ

**Аннотация.** В статье дается анализ состояния и перспектив развития хризотил-асбестовой отрасли в России, Казахстане, Канаде, Бразилии и других странах, диверсификации этих производств, применения комплексной переработки при добыче и обогащении хризотил-асбестовых руд. Описаны процессы серпентинизации и асбестообразования на месторождениях. Даны характеристики геолого-промышленных типов месторождений хризотил-асбеста, показаны достоинства месторождений хризотил-асбеста Баженовского подтипа. Рассматриваются методы и технологии добычи, обогащения, переработки хризотил-асбестовых руд, а также применение хризотил-асбеста в промышленности. Приведен обзор рынка производства и потребления хризотил-асбеста и фракционного щебня.

**Ключевые слова:** хризотил-асбест, ресурсосбережение, рыночная экономика, диверсификация производства, асбестовые горно-обогатительные предприятия, группы обогатимости, отходы, стабилизирующие добавки, фракционный щебень, порода, минерал.

### Хризотил-асбест және хризотил-асбест саласындағы ресурстарды үнемдеу

**Аңдатпа.** Мақалада Ресейдегі, Қазақстандағы, Канададағы, Бразилиядағы және басқа елдердегі хризотил-асбест өнеркәсібінің жағдайы мен даму перспективаларына, осы салаларды әртарапандыруға, хризотил-асбест өнеркәсібін өндіру мен байытуда кешенді өндеуді қолдану талдауы қарастырылған асбест кендері. Кен орындарында серпентинизация және асбест түзілу процестері сипатталған. Хризотил-асбест кен орындарының геологиялық және өнеркәсіптік түрлерінің сипаттамасы берілген, Баженов типті хризотил-асбест кен орындарының артықшылықтары көрсетілген. Хризотил-асбест кендерін алу, байыту, өндеу әдістері мен технологиялары, сонымен қатар хризотил-асбесттің өнеркәсіпте қолданылуы қарастырылған. Хризотилді асбест пен фракциялық қиыршық тасты өндіру және тұтыну нарығына шолу берілген.

**Түйінді сөздер:** хризотил-асбест, ресурс үнемдеу, нарықтық экономика, өндірісті әртарапандыру, асбест өндіру және өндеу кәсіпорындары, байыту топтары, қалдықтар, тұрақтандырушы қоспалар, фракциялық қиыршық тас, тау жыныстары, минерал.

### Chrysotile-asbestos industry – production from mining to enrichment

**Abstract.** The article provides an analysis of the state and prospects for the development of the chrysotile-asbestos industry in Russia, Kazakhstan, Canada, Brazil and other countries, the diversification of these industries, the use of complex processing in the extraction and enrichment of chrysotile-asbestos ores. The processes of serpentinization and asbestos formation in the deposits are described. The characteristics of geological and industrial types of chrysotile-asbestos deposits are given, the advantages of chrysotile-asbestos deposits of the Bazhenov subtype are shown. The methods and technologies of extraction, enrichment, processing of chrysotile-asbestos ores, as well as the use of chrysotile-asbestos in industry are considered. An overview of the market for the production and consumption of chrysotile asbestos and fractional crushed stone is given.

**Key words:** chrysotile-asbestos, resource saving, market economy, diversification of production, asbestos mining and processing enterprises, enrichment groups, waste, stabilizing additives, fractional crushed stone, rock, mineral.

### Технология разработки хризотил-асбестовых месторождений

На действующих хризотил-асбестовых карьерах России и Казахстана добыча хризотил-асбестовой руды ведется открытым способом. Система разработки – транспортная с внешним или внутренним отвалообразованием. Транспорт карьера – комбинированный (автомобильно-железнодорожный). Вскрытие рудного поля в основном выполнено двумя траншеями внешнего заложения. Вскрышные и добычные работы ведутся погоризонтно (высота рабочих уступов – 15 м; высота

уступа в погашенном состоянии – 30 м). Минимальная ширина рабочих площадок в зоне работы железнодорожного транспорта – 45 м; автотранспорта – 35 м, ширина рабочих площадок – 40 м; ширина транспортных берм: автомобильных – 25 м, железнодорожных – 12-22 м, ширина берм безопасности 12 м. Отвалы трехъярусные, высота яруса от 30 м до 50 м. Угол откоса рабочего уступа – 75°.

Для обеспечения устойчивости уступов и бортов карьера проектом предусматривается технология заоткоски уступов высотой 30 м под углом 60° методом предварительного

щелеобразования. Данная технология предохраняет законтурный массив от сейсмического воздействия взрывных работ и повышает общую устойчивость уступов и бортов карьера. Результирующие углы наклона бортов составляют 35-37°.

На рабочих горизонтах и бермах предусматривается сооружение водоотводных канавок, исключающих скопление воды и подпитку пород, слагающих уступы. Водопоток может достигать в карьерах 130 м<sup>3</sup>/ч и выше.

Технология ведения горных работ – циклическая с применением буровзрывных работ. Применяются

взрывчатые вещества (ВВ), в т. ч. эмульсионные (ЭВВ): гранулотол, гранулит Э, гранулит ЭМ, АС-25П, граммонит, эмульсолит П, АС-П, Порэммит 1А, Гранэммит И-30А. В качестве средств взрывания используются неэлектрические системы инициирования типа Primadet (UEB, Испания), российского производства («СИНВ») и других производителей. Процесс зарядки механизирован. Применяется электроогневой способ взрыва. Для взрывания заряженных блоков применяется система радиовзрывания, например, «Друза-М» (АО «Костанайские минералы», Казахстан).

Для проектирования горных и буровзрывных работ используются программы Micromine, Mineframe. Например, в АО «Костанайские минералы» для проектирования буровзрывных работ на карьере успешно использовалась система автоматизированного проектирования буровзрывных работ «Blast Maker».

Бурение технологических скважин производится станками шарошечного бурения типа СБШ-250, СБШ-250МНА-32, СБШ-190/250МНА и дизельными буровыми станками шарошечного бурения Atlas Copco DML-LP 1200/110, Sandvik D-50KS, Sandvik DI 550 (с погружным 5-дюймовым пневмоударником) и т. д.

Погрузка горной массы в карьере (рабочие забои, усреднительные склады (погрузка, разгрузка руды и пустой породы)), разгрузка отходов обогатительных фабрик осуществляется экскаваторами типа ЭКГ-8Н, ЭКГ-8И, ЭКГ-10, ЭКГ-6,3 УС, ЭКГ-8УС, ЭКГ-5А-У, ЭКГ-12,5, шагающий экскаватор (драглайн) ЭШ 10/70А с ковшами емкостью от 6,3 м<sup>3</sup> до 12,5 м<sup>3</sup>, гидравлическим экскаватором Komatsu PC2000, фронтальным погрузчиком Komatsu с емкостью ковша 11 м<sup>3</sup>, Hitachi 470 ХН, Hitachi EX 1200-6 (BE), Volvo EC 360В и т. д. В карьерах работают: бульдозеры на базе трактора Т-330; бульдозеры Четра Т-20 и Т-35; погрузчики ТО-18, Dressta; гидробутобой на базе

экскаватора Hitachi и Volvo; вышка ВС-22МС; установка УМП-1; зарядные машины: Nitro Nobel, МЗ-3Б-15Э, МЗВ-8, МЗВ-10, МЗВ-20, ТСЗМ-11ПГ, Порэммит-1У и т. д.

В качестве автотранспорта в переносимых асбестовых карьерах используются автосамосвалы следующих типов (грузоподъемность): БелАЗ-7548А (42 т), БелАЗ-7540В и БелАЗ-75405 (30 т), БелАЗ-7555В и БелАЗ-7555 (55 т), БелАЗ-7549 (80 т), Caterpillar (Cat)-777F (91 т), TEREX TR-100 (91 т), БелАЗ-7519 (110 т), БелАЗ-75125 и БелАЗ-75149 (120 т), Caterpillar-977F, БелАЗ-75130, БелАЗ-75131 (130 т) и т. д. Отгруженная из забоев горная масса (вскрышные породы) и руда вывозится железнодорожным транспортом<sup>1-3</sup> с использованием тяговых агрегатов ПЭ2М, ПЭ2У, тепловозы ТЭ2М, ТЭ2У; думпкарами 2ВС-105 и т. д. [1, 2].

#### **Обогащение хризотил-асбестовых руд**

Подготовка руды к обогащению заключается в уменьшении крупности руды с 1,2 м до 50 мм путем трехстадийного дробления. По условиям ведения технологического процесса влажность обогащаемой руды не должна превышать 1,7%.

Схема обогащения представлена многостадийным дроблением, предназначенным для вскрытия асбестового волокна и его подготовки к извлечению. Извлечение вскрытого волокна осуществляется в операциях грохочения, где происходит одновременное разделение волокна и дробленого продукта по крупности, стратификация волокна и его отсасывание с деки грохота.

Черновые концентраты, сформированные по длине волокна в три потока, направляются на пересортировку, где волокно обеспыливается, обезгаливается, классифицируется, поддушивается, т. е. доводится до требуемого качества. Полученный асбест дозируется по 50 кг (40 кг) и прессуется прессупаковочными машинами в брикеты, упаковывается в пропиленовые мешки,

зашивается, штабелируется на поддоны и складывается в цехе готовой продукции. Отгружается потребителю в крытых железнодорожных вагонах или контейнерах.

Процесс обогащения хризотил-асбестовой руды с извлечением хризотил-асбестового волокна включает в себя следующие операции: дробление, сортировка руды по крупности (грохочение), извлечение хризотил-асбестового волокна с помощью воздуха, обезгаливание, обеспыливание, классификация, упаковка. Технологические схемы обогащения на асбестообогатительных фабриках построены по принципу «не дробить и не обогащать ничего лишнего». Схема построена на выделении классов «от крупного к мелкому», так построен грузовой поток, поток измельчения и пересортные потоки.

Асбестообогатительные фабрики России и Казахстана производят товарный хризотил-асбест в зависимости от длины волокна хризотила (фракционного состава) девяти групп: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 6к, 7 (определяется по массовым долям остатка волокон на контрольном аппарате или пневматическом классификаторе ПК-2а (сухой метод) или гидроклассификаторе (мокрый метод) типа «Бауэр-Мак-Нетт», на установке для определения насыпной плотности (7 группа хризотил-асбеста)), длина волокна определяется на анализаторе длины АДА-04 или АДА-02 (хризотил 0, 1, 2 групп определяется по средней длине волокон и массовой доле волокна длиной менее 5 мм и менее 0,5 мм).

Контролируются такие показатели качества выпускаемого хризотил-асбеста, как: степень распушки волокна (аппарат «Элютриатор»); объем хризотила во влажном состоянии («Инвертор»); удельная поверхность волокна («Рапид-Тестер»); скорость фильтрации хризотилового суспензии в известковом растворе (прибор «Уфа»); показатель FSU (Fiber Strength Unit)

<sup>1</sup>Надежное предприятие – стабильное будущее ОАО «Оренбургские Минералы» // Эксперт Урала 2012: <https://expert-ural.com/articles/nadezhnoe-predpriyatie--stabilnoe-budushee.html>

<sup>2</sup>Пояснительная записка АО «Костанайские минералы» по итогам 2018 г.

<sup>3</sup>Пояснительная записка ОАО «Оренбургские минералы» по итогам 2018 г., 2019.

определяет относительную прочность хризотил-асбестового волокна, (Wa) – технологическую ценность волокна (на приборе «Диллон» определяется предел прочности на поперечный разрыв хризотил-цементных пластин).

ПАО «Ураласбест» производит хризотил-асбест 0-7 групп; ОАО «Оренбургские минералы» – 3-7 групп; АО «Костанайские минералы» – 3-7 групп.

### **Цифровизация предприятий**

На асбестовых горно-обогатительных комбинатах России и Казахстана идет развитие цифровизации предприятий, что реализуется в таких проектах, как цифровая фабрика, цифровой завод, цифровой рудник, цифровой сервис и цифровой офис. Так, внедренный цифровой учет технических осмотров и ремонтов горного и обогатительного оборудования позволяет улучшить мониторинг и визуализацию технического состояния оборудования (внедрен программный комплекс по системе учета технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОИР)). Это позволяет снижать простои и решать проблемы эффективного использования оборудования<sup>4,5</sup> [3].

На предприятиях асбестовой промышленности внедрены геоинформационные системы, такие как АКСУ ГК «Джетыгара» и «К-Mine» (АО «Костанайские минералы»), «Адвантум» и MineFrame (ПАО «Ураласбест»), они позволяют решать задачи, стоящие перед геологами и маркшейдерами по оперативному планированию и проектированию ведения горных и буровзрывных работ. Структура АКСУ ГК «Джетыгара» включала в себя ряд подсистем, позволяющих решать следующие задачи: мониторинг работы геотехнологического комплекса, включая подсчет запасов (АИС «Геология»), оперативный мониторинг горно-технической ситуации в карьере в пространстве, технических

и технологических параметров объектов (АСД ГТР «АДИС»), качественных характеристик внутрикарьерного рудопотока (АИСМ «Рудопоток») и экологической обстановки (ОИАС «ЭКО-Житикара»); планирование горных работ с учетом организации взаимодействия горного и транспортного оборудования и их технических характеристик в горно-геологических и горнотехнических условиях эксплуатации (ИПМК «Календарное планирование ГТР»), графики ремонтов основного технологического оборудования и управление процессом воспроизводства производственных мощностей (ИПМК «АСУ ПВПМ ГТСК»), имитационное моделирование и оптимизацию работы технологических комплексов карьеров с автомобильным и железнодорожным транспортом (ИПМК СЕВАДАН), а также систему формирования корпоративных отчетов о технико-экономических показателях работы горнотранспортного комплекса (ИПМК «Комплексные корпоративные отчеты»).

В разное время в асбестовой отрасли внедрены автоматизированные системы диспетчеризации горнотранспортных комплексов, например, АСД ГТР «АДИС-АВТО» и «АДИС-ЖД» действующей сейчас «АСК»; системы ГЛОНАСС/GPS мониторинга и контроля транспорта «АвтоТрекер» (компания «Русские навигационные технологии») позволяют визуализировать передвижение техники и процессы в карьере, их документировать; оперативно управлять в режиме онлайн и принимать корректирующие меры, выявлять потери и «узкие места» при эксплуатации экскаваторно-автомобильного оборудования, железнодорожного и вспомогательного транспорта в результате ежесменного анализа простоев и выявления причин невыполнения плановых заданий и производительности.

Геоинформационные системы K-Mine и MineFrame дают возможность взаимодействовать с автоматизированной системой диспетчеризации горнотранспортного комплекса «АСК» или «Адвантум». Система позволяет работать с производственно-технической службой в едином информационном пространстве и формировать единый массив данных в режиме онлайн по выполнению горнотехнических и технико-экономических показателей, что позволяет принимать более оперативные и правильные решения в управлении горнотранспортными комплексами<sup>6,7</sup> [4, 5].

### **Система бережливого производства**

На асбестовых предприятиях внедрена система бережливого производства (ПАО «Ураласбест», ОАО «Оренбургские минералы», АО «Костанайские минералы»), которая способствует выявлению «узких мест» в организации труда, технологии, сокращает финансовые потери, расход рабочего времени, а также простои оборудования. Система ориентирована на исключение потерь и основывается на двух принципах: «точно вовремя» и автономизации. Работа всех принципов ведет к оптимизации всех бизнес-процессов предприятия, например, минимизации запасов запчастей и готовых изделий, что позволяет сокращать издержки и затраты.

Внедренная система «Кайдзен» на асбестовых горно-обогатительных предприятиях основывается на непрерывном совершенствовании процессов: производства, планирования, управления, качества услуг и продукции; способствует снижению энергоемкости производственных процессов и себестоимости выпускаемой продукции, выявляет потери и «узкие места» в технологическом процессе, а также способствует применению ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий.

<sup>4</sup>Батлук М. Готовность номер один. / Уральский хризотил. – 2018. – №9(174): <http://www.uralasbest.ru/assets/dok/gazeta/2018/9.pdf>

<sup>5</sup>Хижняк Ю.С. Горняк будет всегда. / Уральский хризотил. – 2018. – №9(174): <http://www.uralasbest.ru/assets/dok/gazeta/2018/9.pdf>

<sup>6</sup>Андерсон Дж.У. Лучшие практики внедрения SAP. – М.: Лори, 2011. – 640 с.

<sup>7</sup>РНТ внедрила системы ГЛОНАСС на транспорте ОАО «Ураласбест». / Venture News. 15.07.2011: <https://www.venture-news.ru/415-rnt-vnedrila-sistemy-qlonass-na-transporte-oao-uralasbest.html>.

В последнее время существенно претерпевают изменения схемы обогащения хризотил-асбестовых руд в России и Казахстане, вводится новое дробильное и обогатительное оборудование (дробилки нового поколения: ODH 1616-23 ударного действия фирмы «PSP Engineering»; СМА 277 и центробежно-ударные дробилки с цифровым управлением ДЦ 1,6М; ДЦ 1,6; ДЦ-1,25; ДЦ-1,0; ДЦ-0,63; барабанные классификаторы БК-1, БК-1250; грохоты ГИС-42, ГИС-52, ГИД-2000, ГИД-2-2000-125М; рассевы РА-34, РА-20, РСМ-24, и т. д.). Проводится модернизация и оптимизация пресс-упаковочного комплекса (внедрены программируемые логические контроллеры фирмы SIEMENS, блоки управления дозированием пресса на базе весового процессора Ньютон 22, манипуляторы «Стрейч-Худ»; штрих-кодирование, модернизация пресса и т. д.); складского хозяйства (запущена систем учета с помощью компьютерного зрения, RFID-меток и штрих-кодирования продукции), упрощается схема обогащения в каскадности (поточности) и стадийности; совершенствуются линии усреднения хризотилового волокна. Все эти меры направлены на сокращение энергоемкости и материалоемкости производства, снижение себестоимости обогащения хризотил-асбестовых руд, улучшение управления производством и качеством товарной продукции.

#### Диверсификация производства

Увеличение давления антиасбестовой компании в мире, лоббированной химической промышленностью и рядом медицинских организаций привело к сокращению мирового спроса на асбест, вследствие этого за последние два десятилетия были закрыты асбестовые месторождения, такие как «Джеффри», «Тетфорд Майн», «Клинтон-Крик» (Канада), «Кана-Брава» (Бразилия) и «Шабани» (Зимбабве).

Хризотил-асбестовые горно-обогащительные предприятия СНГ ежегодно перерабатывают от 3 млн т до 13 млн т асбестосодержащей руды (с содержанием хризотил-асбеста от 2,1% до 4,9%), из которых от 2,4% до 8% извлекается в товарное

волокно (выход полезного компонента от общей массы переработанной руды) и могут одновременно с производством товарного хризотил-асбеста вырабатывать до 11-14% или 20-23% (в зависимости от фракции) щебень фракционный на продажу, остальное направляется в отвалы. В техногенных отходах содержится до 1 млн т магния при среднем содержании оксида магния 35-40%. Химический состав асбестоносных пород (серпентинита, перидогита) после обогащения следующий:  $SiO_2$  – 43,18-44,02%,  $Al_2O_3$  – 0,69-0,9%,  $CaO$  – 0,8-1,7%,

$MgO$  – 33,96-40,06%,  $Fe$  – 4,2-5,78%,  $MnO$  – 0,14-0,36%,  $Cr_2O_3$  – 0,28-0,45%,  $NiO$  – 0,19-0,43%,  $P_2O_5$  – 0,02-0,03%,  $S$  – 0,06-0,07%,  $TiO_2$  – 0,03-0,05%. Хвосты обогащения хризотил-асбестовых руд могут содержать породы с включением золота, каолина [1]. Поэтому асбестовые предприятия считают целесообразным диверсификацию производства и извлечение из отходов обогащения полезных компонентов, например, магния, железа, золота, никеля, кремнезема.

В результате выщелачивания серпентинитовых и перидотитовых

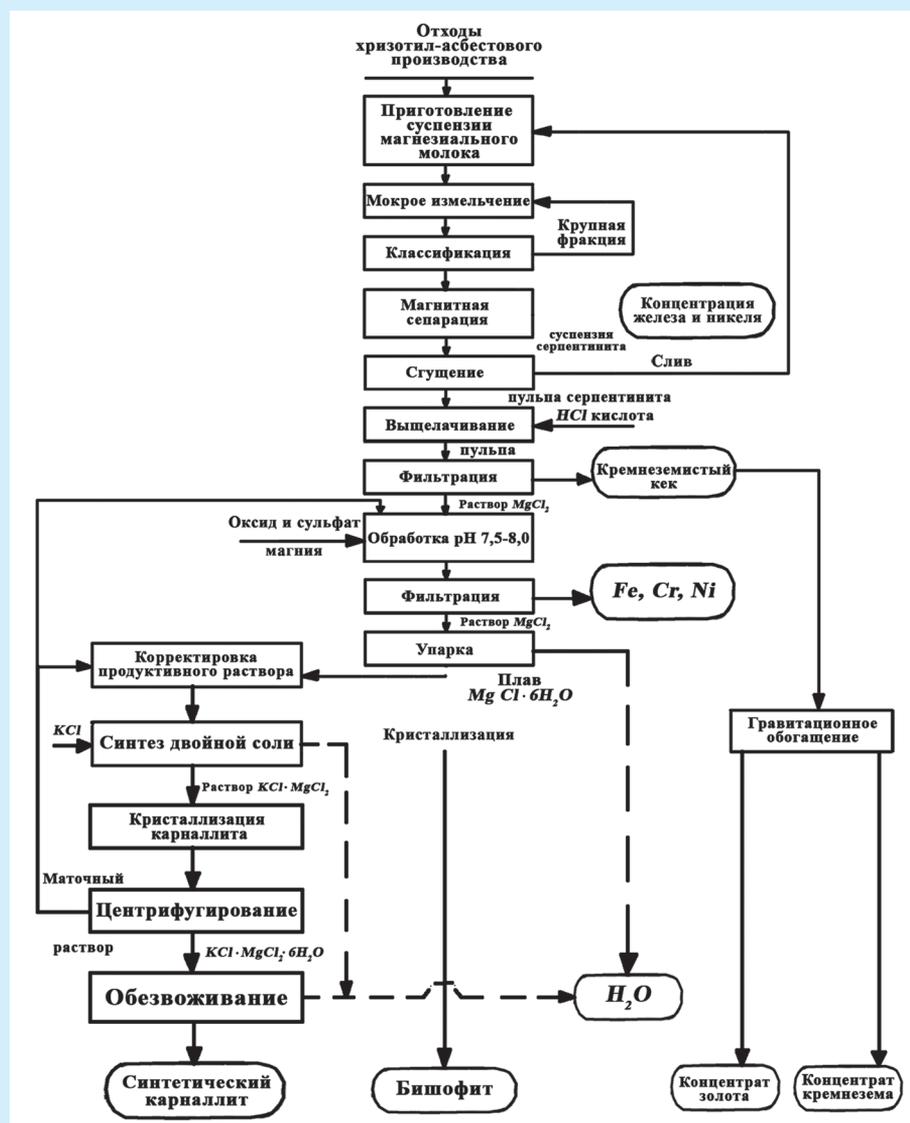


Рис. 2. Схема комплексной переработки хвостов обогащения хризотил-асбестового производства.

Сурет 2. Хризотил-асбест өндірісінің байыту қалдықтарын кешенді өңдеу схемасы.

Figure 2. Scheme of complex processing of enrichment tailings of chrysotile-asbestos production.

продуктов фракции 0,4-0,1 мм соляной или серной кислотой образуется аморфный гидратированный кремнезем (содержащий 95%  $SiO_2$  – диоксида кремния), он обладает высокой активностью для получения жидкого натриевого стекла. Аморфный гидратированный кремнезем смешивают с раствором гидроксида натрия, нагревают от 80° до 90°С в течение 0,5-1 ч при атмосферном давлении, затем полученную суспензию (не прореагировавший остаток) фильтруют и промывают водой. Полученное жидкое натриево-стекло имеет плотность 1,21-1,27 г/см<sup>3</sup> и содержит не более 0,05%  $FeO$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ;  $SiO_2 = 25,0-2,2\%$ ;  $NaO_2 = 6,5-7,8\%$ . Силикатный модуль 3,6-3,7.

Полученное жидкое натриево-стекло обладает повышенной прочностью и адгезией с минералами различной структуры, устойчиво к возгоранию, перегреву и деформациям. Область применения – автомобильная, металлургическая, строительная промышленность, также применяется в качестве связки при производстве теплоизоляции.

Отходы обогащения хризотил-асбестовых руд (серпентинитовые и перидотитовые породы) являются магнийсодержащими продуктами для получения оксида магния или металлического магния.

На асбестовых горно-обогажительных комбинатах разрабатываются и предлагаются к промышленному освоению технологии, предусматривающие серноокислотное выщелачивание отходов хризотил-асбеста с извлечением в раствор 75-80% магния в виде сульфата. Очистка раствора от примесей железа, никеля, кобальта и хрома проводится цементационно-химическим способом (рис. 1).

Растворы сульфата магния упаривают и, в зависимости от степени очистки, кристаллизацией получают  $MgSO_4 \times 7H_2O$ , который подвергают обезвоживанию и разложению с выделением паров воды

и сернистого газа  $SO_2$ . Сернистый газ направляется далее в контактные аппараты для производства серной кислоты с дальнейшим использованием в процессе выщелачивания в голове процесса совместно с парами воды и конденсата. Из технически чистого оксида магния  $MgO$  металлотермическим восстановлением получают металлический магний в чушках.

Для процесса выщелачивания и извлечения магния требуется подготовка отходов серпентинит-перидотитовых пород по фракционному и химическому составу, а именно: доизмельчение (в мельницах) и сепарация (как гравитационная для удаления хризотил-асбестового волокна, так и магнитная для удаления железа), так как крупная фракция и хризотил-асбестовое волокно, содержащие железо, снижают эффективность процесса выщелачивания.

Рассмотрим еще одну схему получения оксида магния с помощью термического разложения магнийсодержащих хвостов обогащения хризотил-асбестовых руд и выщелачивания их угольной кислотой. Схема включает в себя мокрую магнитную сепарацию для отделения магнийсодержащей суспензии от магнетита, выщелачивание с помощью угольной кислоты, карбонизацию и отжиг. Просев грузового потока цеха обогащения класса (-1,1+0) мм (серпентинит-перидотитовые породы) проходят термическую активацию в печи при температуре 500-600°С и после термической обработки подвергаются измельчению в мельницах до крупности менее 0,1 мм. После измельчения продукт менее 0,1 мм идет в процесс выщелачивания, который проводят с использованием топочного углекислого газа, образующего при пропуске через водную суспензию активированных пород серпентинита и перидотита угольную кислоту  $HCO_3$  (бикарбонатный ион)

с водородным показателем (кислой среды)  $pH = 3,5-4,5$ .

Важен контроль за температурой при термической активации продукта, ниже 500°С происходит недостаточная дегидратация соединения силиката магния, что приводит к меньшей эффективности выщелачивания угольной кислотой; при выщелачивании соединения железа переходят в раствор раньше, чем нужные соединения магния. При температуре больше 600°С идет излишняя дегидратация и перекристаллизация силиката магния; при выщелачивании угольной кислотой в раствор переходит силикагель, который забивает фильтры и делает дальнейшую фильтрацию невозможной.

Во всех применяемых схемах по выщелачиванию магния из хвостов обогащения хризотил-асбеста важна подготовка этих хвостов (серпентинита и перидотита) к процессу выщелачивания. Имеется ввиду допущение минимального значения свободного хризотил-асбестового волокна и оптимальная крупность продукта (подобранная фракционность продукта), так как мелочь (тонкий помол) повышает вязкость пульпы и снижает разделение минералов (фаз), увеличивает затраты на расход энергии активации.

Правильно подобранный фракционный состав продукта (хвостов обогащения хризотил-асбестовых руд, которые в основном представлены серпентинитовыми и перидотитовыми породами) повышает скорость процесса выщелачивания и степень извлечения магния, это достигается путем роста поверхностного контакта фаз и доступности включений растворяемого минерала.

Особо важен контроль исходного продукта по содержанию железа и самого магния. Для эффективности процесса выщелачивания рекомендуется уменьшать содержание железа, кальцита, талька, доломита в продукте перед выщелачиванием.

Окончание статьи читайте в №4 2022 г.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гольм А., Хазбиев А., Оганесян Т. Страсти по асбесту. // Эксперт. – 2012. – №49. – С. 68-72 (на русском языке)
2. Козлов Ю.А. Через пять лет «Ураласбест» будет другим. // Уральский хризотил. – 2021. – №4(205). – С. 1-2 (на русском языке)
3. Сиялова Н. Хризотил-асбест – минерал для жизни. // Горная Промышленность. – 2018. – №5(141). – С. 23-25 (на русском языке)
4. Салахиев Р.Г., Дедюхин А.В., Бахтурин Ю.А., Журавлев А.Г. Имитационное моделирование и автоматизированное управление горнотранспортными работами в карьерах. // Горный журнал. – М., 2012. – №1. – С. 82-85 (на русском языке)
5. Глебов А.В. Методика формирования парка карьерных самосвалов. // Горный журнал. – М., 2012. – №1. – С. 75-78 (на русском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Гольм А., Хазбиев А., Оганесян Т. Асбест құмарлығы // Сарапшы. – 2012. – №49. – Б. 68-72 (орыс тілінде)
2. Козлов Ю.А. Бес жылдан кейін «Ораласбест» басқа болады. // Орал хризотилі. – 2021. – №4(205). – Б. 1-2 (орыс тілінде)
3. Сиялова Н. Хризотил-асбест – өмірге қажетті минерал. // Тау-кен өнеркәсібі – 2018. – №5(141). – Б. 23-25 (орыс тілінде)
4. Салахиев Р.Г., Дедюхин А.В., Бахтурин Ю.А., Журавлев А.Г. Ашық карьерлердегі тау-кен және көлік операцияларын имитациялық модельдеу және автоматтандырылған басқару. // Тау-кен журналы. – М., 2012. – №1. – Б. 82-85 (орыс тілінде)
5. Глебов А.В. Тау-кен автосамосвалдарының паркін қалыптастыру әдістемесі. // Тау-кен журналы. – М., 2012. – №1. – Б. 75-78 (орыс тілінде)

## REFERENCES

1. Golm A., Khazbiev A., Oganesyana T. Strasti po asbestu [Passion for asbestos]. // E'kspert = Expert. – 2012. – №49. – P. 68-72 (in Russian)
2. Kozlov Yu.A. Cherez pyat' let «Uralasbest» budet drugim [In five years «Uralasbest» will be different]. // Ural'skij xrizotil = Ural chrysotile. – 2021. – № 4 (205). – P. 1-2 (in Russian)
3. Siyalova N. Xrizotil-asbest – mineral dlya zhizni [Chrysotile asbestos is a mineral for life]. // Gornaya Promyshlennost = Mining Industry. – 2018. – №5(141). – P. 23-25 (in Russian)
4. Salakhiev R.G., Dedyukhin A.V., Bakhturin Yu.A., Zhuravlev A.G. Imitacionnoe modelirovanie i avtomatizirovannoe upravlenie gornotransportnymi rabotami v kar'erax [Simulation modeling and automated control of mining and transport operations in open pits]. // Gornyj zhurnal = Mining Journal. – M., 2012. – №1. – P. 82-85 (in Russian)
5. Glebov A.V. Metodika formirovaniya parka kar'ernyx samosvalov [Methodology for the formation of a fleet of mining dump trucks]. // Gornyj zhurnal = Mining journal. – M., 2012. – №1. – P. 75-78 (in Russian)

## Сведения об авторах:

**Пуненков С.Е.**, канд. техн. наук, главный технолог управления комбината Публичного акционерного общества «Ураласбест» (г. Асбест, Россия), [ore-dressing@control.uralasbest.ru](mailto:ore-dressing@control.uralasbest.ru); <https://orcid.org/0000-0003-4034-3457>

**Козлов Ю.С.**, студент кафедры международной экономики и менеджмента Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург, Россия), [kozlovuyuryu@gmail.com](mailto:kozlovuyuryu@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-0121-0045>

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Пуненков С.Е.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Ораласбест» жария акционерлік қоғамы комбинаты басқармасының бас технологы (Асбест к., Ресей)

**Козлов Ю.С.**, «Ресейдің тұңғыш президенті Б.Н. Ельцин атындағы Орал федералдық университеті» Федералдық мемлекеттік автономды жоғары білім беру мекемесі, халықаралық экономика және менеджмент кафедрасының студенті (Екатеринбург к., Ресей)

## Information about the authors:

**Punenkov S.E.**, Candidate of Technical Sciences, Chief Technologist of the Plant Management of the Public Joint Stock Company «Uralasbest» (Asbest, Russia)

**Kozlov Y.S.**, Student at the Department of International Economics and Management of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin» (Yekaterinburg, Russia)

Код МРНТИ 52.31.47

С.Г. Тө

*Товарищество с ограниченной ответственностью «Е4-Capital» (г. Алматы, Казахстан)*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**Аннотация.** В настоящей статье предлагается технология оптимизации конструкции горнотехнической системы с целью повышения эффективности добычи золота. Представлен теоретический обзор научных исследований по проблемам эффективности открытой добычи рудных залежей различными геотехнологическими методами. Предложено использование технологии высоких уступов, которая способствует модернизации технологических процессов и повышению показателя эффективности добычи золота с учетом определенной для конкретного карьера глубины. Автор приходит к выводу, что при переходе на высокие уступы золотодобывающее предприятие достигает цели увеличения глубины карьеров, повышения объемов добычи полезных ископаемых и удлинения срока функционирования месторождения.

**Ключевые слова:** открытая добыча, золото, эффективность добычи, высокие уступы, горные работы, глубина карьера, геотехнология.

### Тау-кен жүйесінің конструкциясы оңтайландыру технологиясы негізінде алтын өндірудің тиімділігін арттыру

**Аңдатпа.** Бұл мақалада тау-кен жүйесінің дизайнын оңтайландыру технологиясы негізінде алтын өндірудің тиімділігін арттыру жолы ұсынылады. Әр түрлі геотехнологиялық әдістермен кен шоғырларын ашық өндіру тиімділігі мәселелері бойынша ғылыми зерттеулерге теориялық шолу ұсынылған. Технологиялық процестерді модернизациялауға және белгілі бір карьер үшін анықталған тереңдікті ескере отырып, алтын өндіру тиімділігінің көрсеткішін арттыруға ықпал ететін жоғары кертпештері технологиясын пайдалану ұсынылады. Автор жоғары кертпештерге кезінде алтын өндіретін кәсіпорын карьерлердің тереңдігін арттыру, тау-кен көлемін ұлғайту және кен орнының қызмет ету мерзімін ұзарту мақсатына жетеді деген қорытындыға келеді.

**Түйінді сөздер:** ашық кен өндіру, алтын, өндіру тиімділігі, жоғары кертпештер, тау-кен жұмыстары, карьердің тереңдігі, геотехнология.

### Improving the efficiency of gold mining based on the technology of optimizing the design of the mining system

**Abstract.** This article suggests a way to improve the efficiency of gold mining based on the technology of optimizing the design of the mining system. A theoretical review of scientific research on the problems of the efficiency of open-pit mining of ore deposits by various geotechnological methods is presented. It is proposed to use the technology of high ledges, which contributes to the modernization of technological processes and increase the efficiency of gold mining, taking into account the depth determined for a particular quarry. The author comes to the conclusion that when moving to high ledges, the gold mining enterprise achieves the goal of increasing the depth of quarries, increasing the volume of mineral extraction and lengthening the life of the deposit.

**Key words:** open pit mining, gold, mining efficiency, high ledges, mining operations, quarry depth, geotechnology, stability factor, enterprise, production technology.

### Введение

В ходе разработки месторождений золота возникает ряд проблем, связанных с ухудшением качества добываемой руды и сложными условиями выполнения горных работ. Фактически перед золотодобывающими предприятиями стоит важная задача – обеспечение полноты и высокого качества добычи руды с незначительным содержанием полезных компонентов. Это обуславливает необходимость внедрения нового стратегического решения, ориентированного на эффективное функционирование предприятия на всех этапах освоения месторождения.

Сложные экономические условия требуют такого подхода, при котором не требуется серьезная реконструкция и изменение структурных процессов горного производства, обновление парка горнотранспортного, выемочно-погрузочного оборудования. В связи с этим актуальным является вопрос возможности и эффективности применения геотехнологических методов в ходе освоения золоторудных месторождений открытым способом.

### Методы и подходы

При разработке месторождения перед горнодобывающим предприятием стоит ряд важных задач, связанных с:

- организацией вскрытия и выбором эффективной системы разработки;

- развитием рабочей зоны;
- установлением режима горных работ;
- выбором методики выборки и усреднения горных пород;
- внедрением эффективной системы эксплуатации месторождения по руде и по горной массе.

С.А. Съедина в своем исследовании<sup>1</sup> пишет, что в рабочей зоне карьера может содержаться резерв по выемке горных пород и при максимуме скорости углубки, и при переменных направлениях ведения горных работ, что позволяет корректировать производительность по руде.

Производительность горного оборудования, предназначенного для выемочно-погрузочных работ, уменьшается с возрастанием глубины карьера. Это негативный фактор, приводящий к снижению объемов добычи и отставанию выемки вскрыши. Исследования<sup>2-4</sup> доказывают, что КПД любого горного оборудования не может достигать максимального значения при глубинной разработке карьера.

Ф.К. Низаметдинов с группой авторов [1] отмечают, что комплексность освоения карьера позволяет увеличить глубину месторождения, и этим процессом можно управлять. Коэффициент выемки руды можно использовать как показатель эффективности открытого способа добычи. Стоит отметить,

<sup>1</sup> Съедина С.А. Геомеханическое обеспечение устойчивости бортов карьера при его углубке. / Дисс... PhD: 6D070700. – Алматы, 2019. – 119 с.

<sup>2</sup> Qudrat-Ullah H., Panthaloor P. Operational Sustainability in the Mining Industry. The Case of Large-Scale Open-Pit Mining (LSOPM) Operations. – Singapore: Springer Singapore, 2020. – 162 p.

<sup>3</sup> Хрунина Н.П. Эффективность горного оборудования на месторождениях золота и серебра: монография. – Хабаровск, 2019. – 158 с.

<sup>4</sup> Утегенова А.Е. Обоснование рациональной транспортной системы карьера на основе энергетического критерия. / Дисс.... PhD: 6D070700. – Алматы, 2019. – 102 с.

что для данной методики есть одно допущение – она обоснована лишь при комплексном включении всех групп полезных ископаемых в разработку.

Проблемы устранения отставания по вскрышным работам рассматривались многими исследователями и горными инженерами<sup>5</sup> [2, 3]. Так, корректная оценка высоты уступа, как считает И.В. Гапонова, должна производиться с соотношением разубоживания, засорения, потерь руды и с учетом фактора уменьшения производительности по руде при увеличении высоты уступа [4]. По мнению автора, здесь важно добавить еще учет размера экономического ущерба от засорения.

И.Т. Мислибаев с соавторами утверждают, что традиционное оборудование можно использовать и на высоких уступах, а развал взорванной породы можно контролировать посредством определенных технологических рычагов [5]. Но данное утверждение однозначно только для мелкомасштабных месторождений золота.

Исследователь В.С. Федотенко в своей работе<sup>6</sup> раскрыл, как эффективно открытым способом освоить мощные угольные месторождения, своевременно переходя на вскрышные высокие уступы. Он доказал возможность наращивания глубины разработок открытого типа с извлечением дополнительно до 23% проектных залежей полезных ископаемых, при этом не превышая пограничных показателей коэффициента вскрыши. Это становится возможным, благодаря переносу переключения осуществления горных работ методом высоких вскрышных уступов на тот момент, когда достигается пограничный показатель коэффициента вскрыши. Этот подход стал основой разработки по применению подобного метода к золотодобыче. По мнению автора, важным постулатом выступает соответствие высоты уступов условиям разработки золоторудного месторождения для каждого периода его эксплуатации, так как на практике в большинстве случаев оно определяется постоянным на весь период.

### Результаты

Применение высоких уступов при разработке золотосодержащих руд открытым способом обосновано следующими особенностями:

- высоким запасом устойчивости уступов и бортов, что обусловлено повышенной прочностью вскрышных и вмещающих пород;
- отработкой глубинных и нагорных горизонтов;
- применением драглайнов при погрузке руды на транспорт;
- использованием возможностей сдвигания и сраивания уступов.

Для открытой технологии добычи основными конструктивными элементами выступают уступы и борта карьеров. Именно от высоты уступа зависит степень освоения месторождения, срок возведения и эксплуатации карьера, период выемки вскрыши.

В рамках работы эффективная глубина перехода на технологию высоких уступов может быть представлена, как функция, где параметры и факторы выступают в роли ее аргументов. Это можно представить в виде (1):

$$\mathcal{E} = f(\alpha_i; x_i; p_i), \quad (1)$$

где  $\alpha_i$  – технико-экономические эксплуатационные показатели работы карьера;

$x_i$  – факторы, ограничивающие введение технологии высоких уступов (сейсмические, морфометрические, горно-геологические и прочие);

$p_i$  – технологические параметры работы горнотехнической системы (в т. ч. конструкция и прочность борта карьера).

Исходя из представленного, проблему поиска оптимального показателя переключения на высокие уступы можно определить следующим образом: при определенных условиях реального состояния горнотехнического комплекса по итогам ее работы  $\alpha_i$  с поправкой на влияющие факторы  $x_i$  нужно вычислить такие значения  $p_i$ , при которых можно получить максимум эффективности системы  $\mathcal{E}$ . Исходя из этого, целевая функция, обеспечивающая максимальный эффект добычи и комплекс ограничений при определенных условиях, может быть представлена в виде формулы (2):

$$\mathcal{E}(C; h; M) \rightarrow \max, \text{ если:} \quad (2)$$

$$\begin{cases} C = c_1 + Ec_2; \\ h = [MK/(\text{ctg} \beta_1 + \text{ctg} \beta_2) + (M - D)/2] \times \text{tg} \beta \rightarrow \max; \\ M \rightarrow \max; \\ \tau_1, \tau_2 \leq \tau_3, \end{cases}$$

где  $C$  – удельный показатель приведенных затрат, необходимых для освоения балансовых запасов при введении технологии с высокими уступами, тг/м<sup>3</sup>;

$h$  – показатель глубины карьера, м;

$M$  – средняя мощность рудной залежи, м;

$c_1$  – удельный показатель затрат на работы по добыче при введении технологии с высокими уступами, тг/м<sup>3</sup>;

$E$  – нормативный коэффициент капитальных вложений;

$c_2$  – дополнительные капиталовложения при введении технологии с высокими уступами, тг/м<sup>3</sup>;

$K$  – граничный коэффициент вскрыши;

$\beta_1$  – угол наклона по лежащему боку рудной залежи;

$\beta_2$  – угол наклона по висящему боку рудной залежи;

$D$  – минимальный показатель ширины рабочей площадки при введении технологии с высокими уступами, м;

$\beta$  – угол откоса развала взорванной горной массы;

$\tau_1$  – результирующее предельное напряжение со стороны висящего бока, МПа;

$\tau_2$  – результирующее предельное напряжение со стороны лежащего бока, МПа;

$\tau_3$  – касательное напряжение, МПа.

Для доработки балансовых приконтурных залежей необходимо произвести расчет оптимальных параметров работы горнотехнического комплекса  $p_i$ , которые гарантируют условие максимальной глубины для эффективности добычи с применением технологии высоких уступов для обеспечения полной отработки залежей способом открытой добычи. Главным ограничивающим фактором является коэффициент, характеризующий запас устойчивости целого

<sup>5</sup>Verbrugge B., Geenen S. *Global Gold Production Touching Ground. Expansion, Informalization, and Technological Innovation.* – New York: Springer International Publishing, 2021. – 747 p.

<sup>6</sup>Федотенко В.С. *Обоснование параметров и разработка технологии эффективного перехода к отработке мощных угольных месторождений высокими вскрышными уступами.* / Дисс... канд. техн. наук: 25.00.21. – М., 2018. – 300 с.

карьера и его отдельных уступов. Исходя из изложенного, эффективность работы горнотехнического комплекса Э можно изобразить в форме целевой функции с сопутствующей системой ограничений (3):

$$\mathcal{E}(A; \lambda; M) \rightarrow \max, \text{ если:} \quad (3)$$

$$\begin{cases} A \rightarrow \min; \\ \lambda \rightarrow \min; \\ M \rightarrow \max, \end{cases}$$

где  $A$  – годовые эксплуатационные расходы, тг.;

$\lambda$  – коэффициент, характеризующий запас устойчивости уступов и борта карьера.

Анализируя опыт зарубежных и отечественных предприятий горнодобывающей промышленности, можно сделать вывод, что показатель  $\lambda$  для обеспечения устойчивости уступов сроком до пяти лет должен равняться 1,34 и более. Уступы, срок устойчивости которых составляет менее пяти лет, характеризуются запасом прочности, равным 1,15-1,25. Так как использование высоких уступов подразумевает повышение интенсивности горных работ, на стадии их планирования необходимо обеспечить соответствие сроков стояния высоких уступов требуемому коэффициенту запаса устойчивости.

**Обсуждение результатов**

На рис. 1 отчетливо видно, что необходимо учитывать конструкцию карьера на каждом этапе добычи полезных ископаемых: от разработки проекта освоения месторождения до проектирования комплекса работ. Приближение к максимальному углу откоса (при соответствии правилам безопасности) на несколько градусов может повысить эффективность всего проекта за счет минимизации объемов вскрыши и увеличения количества извлекаемой руды.

Для того, чтобы найти оптимальный диапазон глубины карьера, при котором эффективна технология высоких уступов, для карьера Аксу была построена модель эффективной работы горнотехнического комплекса. Модель была составлена с использованием коэффициентов запаса устойчивости, находящихся в диапазоне 1,05-1,43. В результате построения модели был получен результат, отображенный на рис. 2.

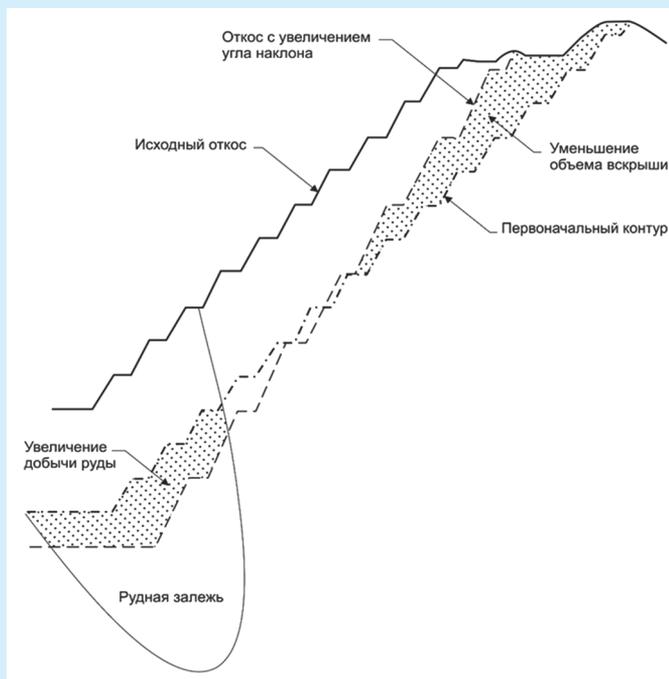
Исходя из полученных в ходе осуществленного научно-методического подтверждения данных оптимального диапазона глубины карьера для работы по технологии высоких уступов в процессе отработки балансовых залежей месторождения Аксу, был найден диапазон: 300-800 м. Переключение на предложенную технологию при разных показателях коэффициента запаса устойчивости гарантирует рост эффективности добычи до 1,7 раз при соблюдении условия отработки балансовых и законтурных залежей в полном объеме.

**Заключение**

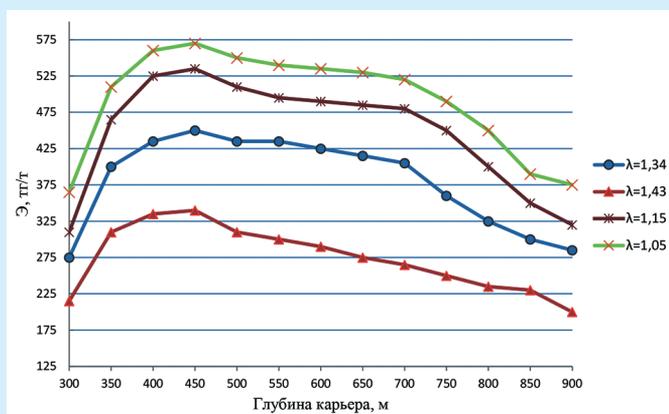
Для обеспечения полноты выемки и повышения конкурентоспособности рабочей зоны карьера при золотодобыче необходимо применять геотехнические решения. На уменьшение числа горизонтов влияет повышение высоты уступов, что способствует модернизации технологических процессов. При переходе на высокие

уступы золотодобывающее предприятие достигает нескольких целей: увеличение глубины карьеров, повышение объемов добычи полезных ископаемых и удлинение срока функционирования месторождения.

Применение технологии высоких уступов ведет к усовершенствованию системы логистики на руднике



**Рис. 1. Модель изменения угла откоса бортов карьера для месторождения Аксу. Сурет 1. Аксу кен орны үшін карьердің ернеулері енісінің бұрышын өзгерту моделі. Figure 1. Model of changing the angle of slope of the sides of the quarry for the Aksu deposit.**



**Рис. 2. Эффективность работы горнотехнической системы на месторождении Аксу при введении технологии высоких уступов в зависимости от глубины карьера. Сурет 2. Карьердің тереңдігіне байланысты жоғары кертпештер технологиясын енгізу кезінде Аксу кен орнындағы тау-кен техникалық жүйесі жұмысының тиімділігі. Figure 2. The efficiency of the mining system at the Aksu deposit with the introduction of high ledge technology depending on the depth of the quarry.**

и делает возможным снижение численности единиц эксплуатируемого на карьере горного транспорта, что влечет за собой оптимизацию временных затрат на перемещение оборудования и машин, минимизацию числа рабочих площадок, уменьшение длины

транспортного сообщения, числа пунктов перегрузки, росту эффективной глубины горных работ открытого типа. Все эти аспекты также сокращают вредное воздействие на окружающую среду, которое оказывают горные работы по добыче золота.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Низаметдинов Ф.К., Бесимбаева О.Г., Иммель И.А. Геомеханическое обоснование параметров карьеров добычного комплекса на месторождении Алайгыр. // Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума «Наука и инновации – современные концепции» (отв. ред. Д.Р. Хисматуллин). – Уфа: Инфинити, 2020. – С. 97-103 (на русском языке)
2. Некмат А. Добыча золота открытым способом: лучшие методы в мире. // Материалы 27-го Международного симпозиума по планированию горных работ и выбору оборудования – MODES 2018. – Нью-Йорк: Нью-Йорк Пресс, 2019. – Р. 69-75 (на английском языке)
3. Струков К.И. Комплексные исследования комбинированной геотехнологии – основа устойчивого развития компании «Южуралзолото». // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – №3. – С. 25-39 (на русском языке)
4. Гапонова И.В. Обоснование конструкции уступов верхних горизонтов карьера для формирования техногенного георесурса и реализации его потенциала. // Актуальные проблемы горного дела. – 2019. – №2. – С. 3-9 (на русском языке)
5. Мислибаев И.Т., Тухтаев А.Б., Гиязов О.М., Норов А.Ю. Определение оптимально-расчетных устойчивых углов бортов карьеров при отработке маломощных рудных тел. // Universum: технические науки. – 2020. – №11-2(80). – С. 33-41 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Низаметдинов Ф.К., Бесимбаева О.Г., Иммель И.А. Алайгыр кен орнындағы өндіру кешені карьерлерінің параметрлерін геомеханикалық негіздеу. // «Ғылым және инновациялар – заманауи тұжырымдамалар» халықаралық ғылыми форумы жұмысының қорытындысы бойынша ғылыми мақалалар жинағы (жауапты ред. Д.Р. Хисматуллин). – Уфа: Инфинити, 2020. – Б. 97-103 (орыс тілінде)
2. Некмат А. Ашық тәсілмен алтын өндіру: әлемдегі ең үздік әдістер. // 27-ші халықаралық тау-кен жұмыстарын жоспарлау және жабдықтарды таңдау жөніндегі симпозиум материалдары – MODES 2018. – Нью-Йорк: Нью-Йорк Пресс, 2019. – Б. 69-75 (ағылшын тілінде)
3. Струков К.И. Аралас геотехнологияны кешенді зерттеу – «Южуралзолото» компаниясының тұрақты дамуының негізі. // Тула мемлекеттік университетінің известиясы. Жер туралы ғылымдар. – 2021. – №3. – Б. 25-39 (орыс тілінде)
4. Гапонова И.В. Техногендік георесурсты қалыптастыру және оның әлеуетін іске асыру үшін карьердің жоғарғы горизонттарының кертпештерінің конструкциясын негіздеу. // Тау-кен ісінің өзекті мәселелері. – 2019. – №2. – Б. 3-9 (орыс тілінде)
5. Мислибаев И.Т., Тухтаев А.Б., Гиязов О.М., Норов А.Ю. Қуаты аз кен денелерін өңдеу кезінде карьерлер ернеулерінің оңтайлы-есептік тұрақты бұрыштарын анықтау. // Universum: техникалық ғылымдар. – 2020. – №11-2(80). – Б. 33-41 (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Nizametdinov F.K., Besimbaeva O.G., Immel' I.A. Geomechanicheskoe obosnovanie parametrov kar'eroev dobychnogo kompleksa na mestorozhdenii Alajgyr [Geomechanical substantiation of the parameters of the quarries of the mining complex at the Alaigyr field]. // Sbornik nauchnyx statej po itogam raboty Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma «Nauka i innovacii – sovremennye koncepcii» = Collection of scientific articles based on the results of the International Scientific Forum «Science and innovation – modern concepts» (executive editor D.R. Khismatullin). – Ufa: Infiniti, 2020. – P. 97-103 (in Russian)
2. Nekmat A. Open-pit gold mining: the best methods in the world. // Proceedings of the 27th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection – MODES 2018. – New York: New York Press, 2019. – P. 69-75 (in English)

3. *Strukov K.I. Kompleksnye issledovaniya kombinirovannoj geotexnologii – osnova ustojchivogo razvitiya kompanii «Yuzhuralzoloto» [Integrated research of combined geotechnology is the basis for the sustainable development of Yuzhuralzoloto]. // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle = Proceedings of Tula State University. Earth Sciences. – 2021. – №3. – P. 25-39 (in Russian)*
4. *Gaponova I.V. Obosnovanie konstrukcii ustupov verxnix gorizontov kar'era dlya formirovaniya texnogenogo georesursa i realizacii ego potentsiala [Substantiation of the construction of ledges of the upper horizons of the quarry for the formation of a man-made resource and the realization of its potential]. // Aktual'nye problemy gornogo dela = Actual problems of mining. – 2019. – №2. – P. 3-9 (in Russian)*
5. *Mislibaev I.T., Tukhtaev A.B., Giyazov O.M., Norov A.Yu. Opredelenie optimal'no-raschetnyx ustojchivyx uglov bortov kar'erov pri otrabotke malomoshhnyx rudnyx tel [Determination of optimal and calculated stable angles of the board of quarries during the development of low-power ore bodies]. // Universum: texnicheskie nauki = Universum: Technical Sciences. – 2020. – №11-2(80). – P. 33-41 (in Russian)*

### Сведения об авторах:

**Тё С.Г.**, старший горный инженер (MPONEN, MAusIMM) Товарищества с ограниченной ответственностью «Е4-Capital» (г. Алматы, Казахстан), [sergey.tyo@yandex.ru](mailto:sergey.tyo@yandex.ru); <https://orsid.org/0000-0001-7458-5388>

### Авторлар туралы мәліметтер:

**Тё С.Г.**, «Е4-Capital» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің аға тау-кен инженері (MPONEN, MAusIMM) (Алматы қ., Қазақстан)

### Information about the authors:

**Tyo S.G.**, Senior Mining Engineer (MPONEN, MAusIMM) of the «E4-Capital» Limited Liability Partnership (Almaty, Kazakhstan)



### Мы рады предоставить Вам следующие виды услуг в сфере недропользования:

- консалтинговые услуги;
- полное сопровождение Заказчика для получения всех типов Лицензий;
- разработка проектов добычи, планов разведки, планов горных работ, планов ликвидации и деклараций промышленной безопасности;
- составление и сдача отчетов;
- работы и услуги в области инженерно-геодезического и природоохранного производства.

Компания имеет лицензии на проектирование, осуществление инженерно-геодезических работ; аттестат на право проведения работ в области промышленной безопасности, сертификаты по безопасности и охране труда.

Более подробная информация о компании и видах оказываемых услуг на сайте <https://niipi.kz/> и в Instagram [too\\_niipi](https://www.instagram.com/too_niipi).

Адрес: РК, г. Нур-Султан, пр. Сарыарка, 15, ВП-9,  
Тел: +7 (7172) 54 60 48, +7 701 598 55 29,  
e-mail: [too\\_niipi@mail.ru](mailto:too_niipi@mail.ru).

# KIOSH

10-я Юбилейная Казахстанская Международная Конференция и Выставка  
ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ

25-27 мая 2022

Нур-Султан, Казахстан



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАРТНЕР



Министерство труда и социальной  
защиты населения Республики Казахстан

ЗОЛОТОЙ ПАРТНЕР



ОРГАНИЗАТОРЫ



тел.: +7 727 258 34 34;  
e-mail: raushan.massimova@iteca.kz

Код МРНТИ 52.13.25

Е.А. Абеуов, Г.Д. Танекеева

*Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Қарағанды техникалық университеті» (Қарағанды қ., Қазақстан)*

## ҚАЗАҚСТАННЫҢ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУДІҢ ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ ПРОБЛЕМАЛАРЫ

**Аңдатпа.** Мақалада кен орындарын қауіпсіз игеру үшін геомеханикалық проблемалар қарастырылады. Геомеханикалық факторлардың кен қазбаларын жүргізу кезінде кенжар аймағы кеңістігінде кен ашылымының орнықтылығына әсер ету мәселелері қарастырылған. Жаман-Айбат, Жолымбет және Тишинск кен орындарын қазымдау кезіндегі кенжар кеңістігіндегі опырылулардың негізгі бөлігі жыныс ашылымын таңдау кезінде олардың орнықтылығына әсер ететін кен-геологиялық, кен-техникалық факторларды нашар есепке алудан болған геомеханикалық проблемалар келтірілген. Сенімді геомеханикалық қамтамасыз ету кен орындарын ашық қазымдау кезінде карьерлер ернеулерінің қауіпсіз бұрыштарын таңдауға және есептеуге, кен орындарын жерасты қазымдау кезінде жыныстар мен учаскелердің соққы қауіпсіздігін бағалауға қатысты.

**Түйінді сөздер:** геомеханика, кен қазбасы, кен соққылар, тектоникалық кернеу, жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттері, кеніш, тау жыныстарының жылжуы, массивтің беріктігі, игеру тереңдігі, шатырдың құлауы.

### Геомеханические проблемы разработки месторождений Казахстана

**Аннотация.** В статье обсуждаются геомеханические проблемы безопасного освоения рудных месторождений. Рассмотрены вопросы влияния геомеханических факторов на устойчивость породного обнажения в призабойном пространстве проводимых горных выработок на момент их проведения. Приведены геомеханические проблемы при отработке месторождений Жаман-Айбат, Жолымбет и Тишинское, где было выявлено, что основная часть вывалов в призабойном пространстве проводимых горных выработок происходила из-за слабого учета горно-геологических, горнотехнических и технологических факторов, влияющих на устойчивость породных обнажений во времени при выборе площади их обнажения. Надежное геотехническое обеспечение зависит от правильных расчетов и выбора безопасных углов борта карьеров при открытой разработке месторождений и оценки удароопасности пород и участков при подземной разработке рудных месторождений.

**Ключевые слова:** геомеханика, горная выработка, горные удары, тектоническое напряжение, физико-механических свойств пород, рудник, сдвижение горных пород, прочность массива, глубина разработки, обвал кровли.

### Geomechanical problems of development of ore deposits in Kazakhstan

**Abstract.** The article discusses geomechanical problems for the safe development of deposits. The issues of influence of geomechanical factors on the stability of ore discovery in the space of the bottom-hole zone during mining operations are considered. Geomechanical problems are presented during the development of the Zhaman-Aybat, Zholymbet and Tishinskoye deposits, where it was revealed that the main part of the outbursts in the bottom-hole space of the conducted mining occurred due to poor consideration of geological, mining and technological factors affecting the stability of rock outcrops over time when choosing the area of their outcrop. Reliable geotechnical support depends on correct calculations and the choice of safe angles of the sides of quarries during open-pit mining and assessment of the impact hazard of rocks and sites during underground mining of ore deposits.

**Key words:** geomechanics, mining, mining impacts, tectonic stress, physical and mechanical properties of rocks, mine, displacement of rocks, strength of the massif, depth of development, collapse of the roof.

### Кіріспе

Тау-кен өндіру өнеркәсібі Қазақстан экономикасының бірден бір ба-сым салаларының бірі болып табы-лады, өйткені елімізде өндірілетін барлық өнеркәсіптік өнім құнының 46%-дан астамын құрайды. Қазіргі уақытта темір (Качарское; Соко-лов-Сарбай; Аят; Лисаковск; Қара-ғанды (Қаратас, Кентөбе) және бас-қалар), мыс (Жезқазған; Қоңырат; Бозшакөл), алтын (Степняк-Бестө-бе, Калбинский, Майқайын, Рудно-алтайский, Шуилийский, Көкшетау, Мугоджарский, Южнодунгар-ский), мырыш пен қорғасын (Жэй-рем, Шалқия, Ақжал, Ұзынжал, Қа-рағайлы, Ащысай), барит (Бестөбе, Жэйрем, Миргалымсай) және басқа бірқатар ірі кен орындары барла-нып, пайдаланылуда<sup>1</sup>.

Қазақстан Республикасында тау-кен өнеркәсібін дамыту соңғы жыл-дары бастапқыда қазымдау ашық

тәсілмен басталған, қолданыстағы көптеген кен қазбалары кен орын-дары үшін жаңа жерасты деңгейжи-ектерді пайдалануға берумен бай-қалады. Ашық кен жұмыстарының тереңдігі артқан сайын аршу көле-мі күр артады және ашық қазымдау тиімсіз болады, өйткені пайдалы қазбаларды әрі қарай өндіру кен-күрделі және дайындық жұмыс-тарының айтарлықтай көлемін орындауды талап етеді<sup>2</sup>. Осы себептен республиканың аума-ғында бірқатар ірі кен орындары («Нұрқазған», «Кентөбе», «Саяқ», «Ақжал», «Үшқатын-3», «Жо-лымбет» және басқа) пайдалы қазбаларды қазымдаудың ашық тәсілінен жерасты тәсіліне, яғни ашық жерасты аралас тәсілге (ара-лас қазымдау) көшуде. Еліміздің кен орындарындағы кен жұ-мыстары көлемінің өсуі жер-жер-лерде карьерлер ернеулерінің

опырылуы, жерасты кеніштерінің қазылған кеңістіктері төбелерінің опырылуы және кен соққылары сияқты теріс құбылыстардың кө-беюімен көрінеді<sup>3</sup>.

### Негізгі әдістер

Кен-дайындық жұмыстарын жүргізу кезіндегі жұмыскерлердің жазатайым оқиғаларының шама-мен 45%-ы қазбалардың орнықты-лығын жоғалтуынан орын алады. Кен орындарында кен қазбалары-ның жыныстық ашылу орнықтылы-ғын арттыру бойынша міндеттер-дің күрделі болуы көбіне кен-гео-логиялық жағдайлардың әртүрлі болуына байланысты, олар гид-рогеологиялық, геомеханикалық, геодинамикалық, газдинамикалық және геотермиялық сияқты көпте-ген факторларға тәуелді [1].

Өз кезегінде геомеханикалық факторлар таужыныс сілімінің си-паттамасы бойынша сілімнің қатты

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасы өнеркәсібінің негізгі көрсеткіштері бойынша статистикалық бюллетень. – Нұр-Сұлтан: «QazIndustry – Қазақстан индустрия және экспорт орталығы» АҚ, 2020. – 40 б. (қазақ тілінде)

<sup>2</sup>Лобанова Т.В., Ремизов А.В. Геомеханика. – Новокузнецк, СибГИУ, 2016. – 210 б. (орыс тілінде)

<sup>3</sup>Петухов И.М., Ильин А.М., Трубецкой К.Н. Кеніштердегі тау соққыларын болжау және алдын-алу. – М.: АГН, 1997. – 376 б. (орыс тілінде)

бұзылған жарықтарымен және сынықтарымен, түйінді жыныстармен, сілімдегі жоғары кернеумен анықталады [2]. Күрделіліктің айқындалу сипаты бойынша жағдайлар жыныстардың опырылуымен, құлауымен, жылыстауымен сипатталады.

Қазіргі уақытта көптеген жағдайларда еліміздік кен орындарында кен қысымының пайда болуының

негізгі түрлері тау-кен сілімінің тектоникалық бұзылулары, қабаттылығы және жарықшалар бойынша опырылуы болып табылады. Бірнеше мысалдар келтірейік [3].

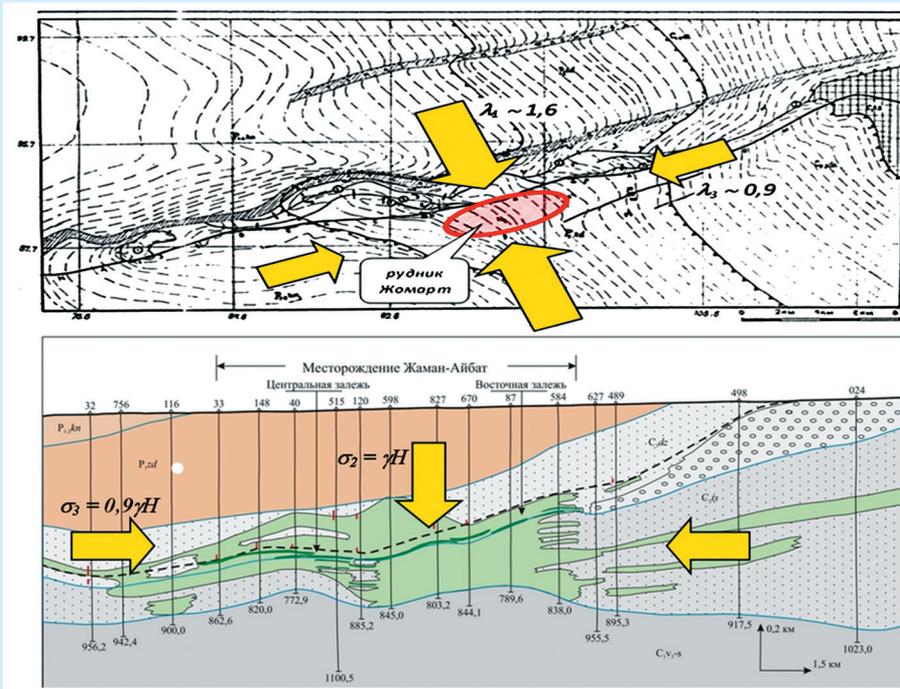
Жаман-айбат мыс құмдақтарының кен орны Қазақстан Республикасы Қарағанды облысының Жаңарқа ауданында Жезқазған қаласынан оңтүстік-шығысқа қарай 130 км орналасқан. Қазіргі уақытта кен

орнын «Жомарт» кеніші қазымдайды, оның қоры соңына жетуде. Аталған кен орнының стратифицирленген сульфидті кен шоғыры терригенді жыныстардың жезқазған қызыл түсті қабатына жатады, ал ол орташа және ірі түйіршікті құмдақтар, ұсақ түйіршікті құмдақтары бар гравелиттер мен конгломераттар, алевролиттер мен аргилиттер. Жомарт кенішінде кернеулерді өлшеу нәтижелері бойынша максималды тектоникалық кернеу  $\sigma_1 = 28$  МПа азимуты  $156-336^\circ$  кеншоғыр бойымен қолданылады. Бүйірлік қысым коэффициенті  $\gamma_1 = \sigma_1/\gamma H = 1,6$  (1 сурет).

Азимуты  $66-246^\circ$  бағытындағы негізгі минималды кернеу  $\sigma_3 = 16$  МПа тен. Бүйірлік қысым коэффициенті  $\lambda_3 = \sigma_3/\gamma H = 0,9$ . Жабынды қабаттың тігінен гравитациялық қысымы мәні бойынша аралық негізгі кернеу  $\sigma_2 = \gamma H$  болып табылады. Жомарт кенішінде кеншоғырдың ұзын жағына көлденең тектоникалық кернеу тігінен қысымнан 1,6 есе артық [4].

Қазбаларды тектоникалық кеннеуге көлденең үңгілеу кезінде қазбаның төбесі мен топырағы бұзылады. Қазба қимасы шатырлық түрге ие болады (2 сурет).

Құрылымдық қатынаста жыныс сілімі айтарлықтай бұзушылықпен сипатталады. Құмтас сілімінде жарықшаның бірнеше жүйесі көрінеді. Бірінші жүйе субтігінен бейімдегі қыртыс аралық ашық жарықшаның болуына байланысты. Аталған жарықшалар арасындағы қашықтық 5-30 м, ашылу ені 1-30 мм құрайды. Жоспардағы қыртыс аралық жарықшаның бейімделуі кен денелерінің созылмалы жазықтығына сәйкес келеді. Екінші жүйе көлемі аз қыртысшілік жарықшалардың болуына байланысты, олар да субтігінен бейімделуге тән. Жарықшалардың ашылу ені, әдетте, 1-5 мм құрайды. Одан басқа аталған кеніште сілімнің сулануы байқалады, ол келесі түзілімдермен сипатталады: алевролиттер, аргилиттер суды сіңірген кезде ісініп, өз көлемін ұлғайтады; қысылған күйде жыныстардың ісінуі кезінде сілімде шамасы 5...10 МПа болатын қосымша кернеу пайда болады; ісіну шамасы каншалықты көп болса,



**Сурет 1. Жоспардағы және созылма сұлбалық бөліністе саңылаулық босату әдісімен заттай өлшемдер нәтижелері бойынша Жаман-Айбат кен орны сілімінің табиғи жай-күйі.**

**Figure 1. The natural state of the Zhal-Aibat deposit silt according to the results of natural measurements by the method of slotted release in the plan and in the longitudinal scheme section.**

**Рис. 1. Естественное состояние отрога месторождения Жаман-Айбат по результатам натурных замеров методом щелевого высвобождения в плане и протяженном схематическом разрезе.**



**Сурет 2. Тау-кен жынысы сіліміндегі тектоникалық кернеу (Жомарт кеніші).**

**Figure 2. Tectonic tension in the rock mass (Zhomart mine).**

**Рис. 2. Тектоническое напряжение в горном массиве (рудник Жомарт).**

жыныстардың беріктілігі соғұрлым аз болады; қызы түстіге судың кіріп кету жылдамдығы 0,005 м/тәу. Сүзгілеу коэффициентіне тең; қызыл түстілердің толық су сіңіруге дейінгі ылғалдануы олардың беріктігінің 2,6 есе және деформациялану модулінің 2,0 есе төмендеуіне әкеледі. Суланған сілімдегі төбенің беріктілігі күрт төмендейді (3 сурет) [5].

Тишинск қорғасын-мырыш кен орны бай, тігінен жатқан (75-85°) кен денелеріне ие, олар негізгі және солтүстік-батыс шоғырды құрайды. Кен орны бойынша кен аймағының қалыңдығы 200 м жетеді, созылымы бойынша өлшемі 2 км дейін. Кен денелерінің созылымы субенді, флексурлы иілімдермен және ұсақ қатпарлықпен күрделенген.

Тақтатастану жазықтықтардың құлау бұрышы тікпе-тік қия (70-85°), құлау азимуты 320-330°-тан 20-30° дейін жетеді, яғни жыныстардың әртүрлі бүйірден тақтатастануы қазылған кеңістікке түседі және айтарлықтай дәрежеде жылыстау процестерінің дамуын анықтайды. Кен орнында құлау бұрыштары мен азимуттарының барлық диапазонын қамтитын жарықшаның сегіз жүйесі байқалады. Алевролиттер айтарлықтай жарықшақты болып табылады. Ондағы жарықшалар жақсы көрінетін үш жүйені құрайды: құлау азимуты 130-250° жалпақ, азимуты 150-185° тікпе-тік құламалы (60-80°), азимуты 300-320° және құлау бұрышы 67-75° солтүстік-батысқа қарай тікпе-тік құламалы. Сөйтіп, кен орнының жанас жыныстары құрылымы біртекті емес түзілімдер [5].

Айтарлықтай терең тереңдікте қазба жиегінен тыс бұзылған аймақтың өлшемі тау сілімінің беріктігі мен қолданыстағы кернеулер қатынасына байланысты. 800...1000 м (16...18 деңгейжик) қазба тереңдігі үшін есептеулер келесіні көрсетеді: әлсіз тақтатаста (тау сілімінің беріктігі  $\sigma_m \sim 5$  МПа) опырылу аймағының тереңдігі 4,0...5,5 м жетеді; қатты тақтатаста ( $\sigma_m \sim 10$  МПа) қазба жиегінен тыс бастырылған жыныстар қалыңдығы 1,4...1,8 м құрайды; алевролиттерде, альбитофирлерде

( $\sigma_m \sim 20$  МПа) тау сілімі қазба жиегінен 0,5...0,7 м тыс опырылады. 4 суретте тігінен тақтатастану бойымен жыныстардың басылуы байқалады (Тишинск кеніші).

Еліміздің геологтары 1932 жылы ашқан Жолымбет алтын кен орны еліміздің ірі және егжей-тегжейлі барланған кен орны болып табылды [6]. Кен орнында жарықтанудың үш негізгі жүйесі анықталған: құлау азимуты 280°, құлау бұрышы 60-70°; құлау азимуты 98°, құлау бұрышы 10-20°; құлау азимуты 98°, құлау бұрышы 50-60°. Осы ұңғымалар жынысөзегінің сипаттамалары бойынша тау жыныстары үш доменге бөлінген: 30-40 м тереңдікке дейін морылған жыныстар, RQD = 12-34; көлемді текстурасы кварцталған, аз морылған алевролитті құдақтар, RQD = 50-72; габро-диоритті жасыл-сұр, тығыз, көлемді, RQD = 72-78.

Тән ерекшелігі үстіңгі жарықшақтардың өзгеруі, олардың әртүрлі бағыттарда иректенуі (толқын тәрізді) болып табылады, бұл ашылу орнықтылығына оң әсер етеді. Жарықшалардың орташа жиілігі FF = 8-9 дана/м, жарықшалар арасындағы орташа қашықтық  $a = 0,12-0,22$  м, ұсақ масштабта 0,2 м базада – жарықшалар кедірбұдыр. Жарықшалардың ашылуы – кварцитті толтырумен 1-5 мм. 2-10 мм ашылу кальцитпен толтырылған және балшықпен үйкелген, сырғу айналарымен 800 жақын құрышқа құлайтын сирек кездесетін опыруларға ие (5 сурет).

**Қорытынды**

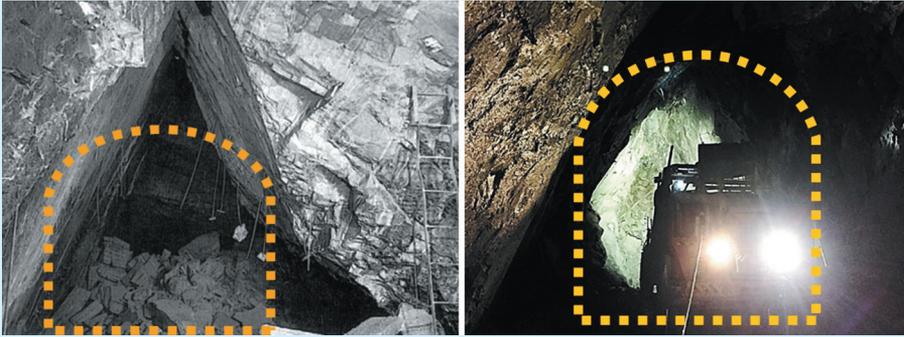
Шахта бақылауларының деректері бойынша кенжар кеңістігіндегі опырылулардың негізгі бөлігі жыныс ашылымын таңдау кезінде олардың орнықтылығына әсер ететін кен-геологиялық, кен-техникалық



**Сурет 3. Тау сілімінің сулануы (Жомарт кеніші).  
Figure 3. Wetting of the mountain range (Zhomart mine).  
Рис. 3. Обводнение горного массива (рудник Жомарт).**



**Сурет 4. Тігінен тақтатастану бойымен жыныстардың басылуы (Тишинск кеніші).  
Figure 4. Pressing of rocks along the vertical shale (Tishinsky mine).  
Рис. 4. Уплотнение породы вдоль вертикального сланца (Тишинский рудник).**



**Сурет 5. Жыныстардың жарықшалар бойымен опырылуы (Жолымбет кеніші).**

**Figure 5. Rock collapse along cracks (Zholymbet mine).**

**Рис. 5. Обрушение породы по трещинам (рудник Жолымбет).**

факторларды нашар есепке алу-дан болады. Жыныс ашылуларының орнықтылықты жоғалтуы кен қазбаларын қазу жылдамдығының 30...40% төмендеуіне, тіреу материалдарының артуына, кен-

үңгілеу жұмыстарының қауіпсіздігінің төмендеуіне әкеледі [7].

Кен орындарының соққы қауіптілігін толық және бірмәнді бағалау үшін қосымша зерттеулер жүргізу қажет, олар кен және жыныстардың

динамикалық пішінде морт сынуға бейім болуын және кен соққылар түрінде кен қысымының ықтимал түзілімдерінің тереңдігін анықтауға мүмкіндік береді [8]. Ұқсас геомеханикалық проблемаларды Абыз, Орловское және Ақжал кен орындарын қазымдау кезінде шешу қажет.

Сөйтіп, еліміздің бірқатар кен орындарын қазымдау кезінде ғалымдар мен кенші мамандар осы кен орындарын қауіпсіз игеру үшін бірқатар геомеханикалық проблемаларды шешуі қажет. Бұл, ең алдымен, кен орындарын ашық қазымдау кезінде карьерлер ернеулерінің қауіпсіз бұрыштарын таңдауға және есептеуге, кен орындарын жерасты қазымдау кезінде жыныстар мен учаскелердің соққы қауіпсіздігін бағалауға қатысты.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Балек А.Е., Сашурин А.Д. Жер қойнауын игеру кезінде тау-кен массивінің табиғи ҚҚС бағалау мәселесі. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2016. – №21. – Б. 9-23 (орыс тілінде)
2. Козырев А.А., Рыбин В.В. Тектоникалық кернеулі массивтердегі карьерлердің ұтымды конструкцияларын геомеханикалық негіздеу. // Тау-кен ғылымдарының іргелі және қолданбалы мәселелері. – 2015. – Т. 2. – №2. – Б. 245-250 (орыс тілінде)
3. Балек А.Е. Төтенше кернеулі жай-күй жағдайларында күрделі қазбалардың тұрақтылығын қамтамасыз ету бойынша заттай зерттеулер. // Орал мемлекеттік тау-кен университетінің жаңалықтары. Тау-кен ісі сериясы. – 2000. – №11. – Б. 209-214 (орыс тілінде)
4. Абеуов Е.А. Жаман-Айбат (Қазақстан Республикасы) кен орнын игерудің камералық-колонналық жүйесі кезінде шатырдың рұқсат етілген аралықтарының негіздемесі. // Қазақстанның кен журналы. – 2019. – №5. – Б. 37-41 (орыс тілінде)
5. Шустов Д.В., Ермашов А.О. Тишинский кен орнының массивінің соңғы және дискретті элементтер әдісімен жылжуы мен деформациясын болжау. // ПНИПУ хабаршысы. Геология. Мұнай-газ және тау-кен ісі. – 2012. – №5. – Б. 91-99 (орыс тілінде)
6. Суханова А.А. Жолымбет кен орнының жағдайлары үшін MRMR геомеханикалық сыныптама бойынша тау жыныстары массивінің рейтингін анықтау. // Жас ғалым. – 2020. – №14(304). – Б. 130-133 (орыс тілінде)
7. Балек А.Е., Сашурин А.Д. Тау сілемінің үлкен учаскелерінің кернеулі-деформацияланған күйін заттай өлшеу әдістемесін жетілдіру. // Пермь ұлттық зерттеу политехникалық университетінің хабаршысы. Геология. Мұнай-газ және тау-кен ісі. – 2014. – № 11. – Б. 105-120 (орыс тілінде)
8. Боликов В.Е., Балек А.Е., Саммаль А.С., Бекеев М.М. Дөң КБК тау-кен қазбаларының орнықтылық мәселелерін шешудің теориясы мен практикасы. // Қазақстанның кен журналы. – 2013. – №5. – Б. 14-19 (орыс тілінде)

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балек А.Е., Сашурин А.Д. Проблема оценки естественного НДС горного массива при освоении недр. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 21. – С. 9-23 (на русском языке)
2. Козырев А.А., Рыбин В.В. Геомеханическое обоснование рациональных конструкций бортов карьеров в тектонически напряженных массивах.

- // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук.* – 2015. – Т. 2. – №2. – С. 245-250 (орыс тілінде)
6. Балец А.Е. *Натурные исследования по обеспечению устойчивости сложных выработок в условиях экстремально напряженного состояния.* // *Известия УГГУ. Серия горное дело.* – 2000. – №11. – С. 209-214 (на русском языке)
  4. Абеуов Е.А. *Обоснование допустимых пролетов кровли при камерно-колонной системе разработки месторождения Жаман-Айбат (Республика Казахстан).* // *Горный журнал Казахстана.* – 2019. – №5. – С. 37-41 (на русском языке)
  5. Шустов Д.В., Ермашов А.О. *Прогноз сдвижению и деформаций горного массива Тишинского месторождения методами конечных и дискретных элементов.* // *Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело.* – 2012. – №5. – С. 91-99 (на русском языке)
  6. Суханова А.А. *Определение рейтинга массива горных пород по геомеханической классификации MRMR для условий месторождения Жолымбет.* // *Молодой ученый.* – 2020. – №14(304). – С. 130-133 (на русском языке)
  7. Балец А.Е., Сашурин А.Д. *Совершенствование методики натурных измерений напряженно-деформированного состояния больших участков горного массива.* // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело.* – 2014. – № 11. – С. 105-120 (на русском языке)
  8. Боликов В.Е., Балец А.Е., Саммаль А.С., Бекеев М.М. *Теория и практика решения проблем устойчивости горных выработок Донского ГОК.* // *Горный журнал Казахстана.* – 2013. – №5. – С. 14-19 (на русском языке)

## REFERENCES

1. Balek A.E., Sashurin A.D. *Problema ocenki estestvennogo NDS gornogo massiva pri osvoenii nedr [The problem of assessing the natural VAT of a mountain massif during the development of mineral resources].* // *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' = Mining information and analytical bulletin.* – 2016. – №21. – P. 9-23 (in Russian)
2. Kozyrev A.A., Rybin V.V. *Geomexanicheskoe obosnovanie racional'nyx konstrukcij bortov kar'erov v tektonicheski napryazhennyx massivax [Geomechanical substantiation of rational constructions of quarry sides in tectonically stressed massifs].* // *Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornyx nauk = Fundamental and applied issues of mining sciences.* – 2015. – Vol. 2. – №2. – P. 245-250 (in Russian)
3. Balek A.E. *Naturnye issledovaniya po obespecheniyu ustojchivosti slozhnyx vyrabotok v usloviyax e'kstremal'no napryazhennogo sostoyaniya [Field studies to ensure the stability of complex workings in conditions of extreme stress].* // *Izv. UGGU. Seriya gornoe delo News of the Ural State Mining University. Mining Series.* – 2000. – №11. – P. 209-214 (in Russian)
4. Abeuov E.A. *Obosnovanie dopustimyx proletoy krovli pri kamerno-kolonnoj sisteme razrabotki mestorozhdeniya Zhaman-Ajbat (Respublika Kazaxstan) [Justification of permissible roof spans with a chamber-column system for the development of the Zhaman-Aybat deposit (Republic of Kazakhstan)].* // *Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan.* – 2019. – №5. – P. 37-41 (in Russian)
5. Shustov D.V., Ermashov A.O. *Prognoz sdvizhenii i deformatsij gornogo massiva Tishinskogo mestorozhdeniya metodami konechnyx i diskretnyx e'lementov [Forecast of displacements and deformations of the mountain massif of the Tishinsky deposit by methods of finite and discrete elements].* // *Vestnik PNIPU. Geologiya. Neftgazovoe i gornoe delo = Bulletin of PNRPU. Geology. Oil and gas and mining.* – 2012. – №5. – P. 91-99 (in Russian)
6. Sukhanova A.A. *Opredelenie rejtinga massiva gornyx porod po geomexanicheskoy klassifikacii MRMR dlya uslovij mestorozhdeniya Zholyumbet [Determination of the rating of the rock mass according to the geomechanical classification MRMR for the conditions of the Zholyumbet deposit].* // *Molodoj uchenyj = Young scientist.* – 2020. – №14(304). – P. 130-133 (in Russian)
7. Balek A.E., Sashurin A.D. *Sovershenstvovanie metodiki naturnyx izmerenij napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya bol'shix uchastkov gornogo massiva*

[Improving the methodology of full-scale measurements of the stress-strain state of large sections of the mountain range]. // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politexnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo = Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining. – 2014. – №11. – P. 105-120 (in Russian)

8. Bolikov V.E., Balek A.E., Sammal A.S., Bekeev M.M. Teoriya i praktika resheniya problem ustojchivosti gornyx vyrabotok Donskogo GOKa [Theory and practice of solving problems of stability of mining workings of the Don GOK]. // Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan. – 2013. – №5. – P. 14-19 (in Russian)

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Абеуов Е.А.**, техника ғылымының кандидаты, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы қазбалар кен орындарын қазып игері» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), [ercebula69@mail.ru](mailto:ercebula69@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6420-565X>

**Танекеева Г.Д.**, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Тау-кен ісі» бойынша докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан), [tanekeeva77@mail.ru](mailto:tanekeeva77@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-6741-1582>

#### Сведения об авторах:

**Абеуов Е.А.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Қарағанды техникалық университет» (г. Қарағанды, Қазақстан)

**Танекеева Г.Д.**, докторант по специальности «Горное дело» Некоммерческого акционерного общества «Қарағанды техникалық университет» (г. Қарағанды, Қазақстан)

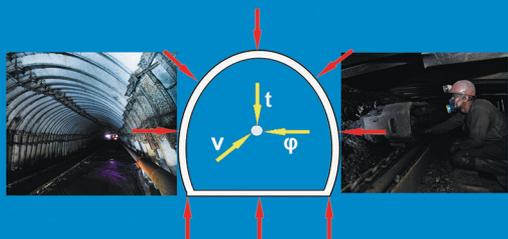
#### Information about the authors:

**Abeuov Ye.A.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Tankeeva G.D.**, Doctoral Student in «Mining» of the Non-profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Мартынов А.А.  
Малеев Н.В.  
Яковенко А.К.**

## ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ГЛУБОКИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ



Донецк - 2014

УДК 622.413.4  
ББК 33.18  
Т 34

Рекомендовано к изданию Ученым советом Института горного дела и геологии (протокол заседания от 01.07.2014 г. №3) и Ученым советом Государственного Макеевского научно-исследовательского института по безопасности работ в горной промышленности (протокол заседания от 02.07.2014 г. №3)

#### Рецензенты:

Подкопаев С.В. - докт. техн. наук, проф., декан горного факультета Донецкого национального технического университета

Коптиков В.П. - докт. техн. наук, проф., заместитель директора по научной работе Государственного Макеевского научно-исследовательского института по безопасности работ в горной промышленности

Мартынов А.А., Малеев Н.В., Яковенко А.К.

Т 34 Тепловой режим глубоких угольных шахт / Под ред. к.т.н. Мартынова А.А.; А.А.Мартынов, Н.В.Малеев, А.К.Яковенко. – Донецк: Изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2014. – 443 с.

ISBN 978-617-579-992-5

В монографии изложены результаты научных исследований теплового режима глубоких шахт. Рассмотрены свойства рудничного воздуха, основные факторы, источники нагрева и процессы, определяющие его тепловое состояние в выработках различного назначения. Освещены санитарно-гигиенические нормативы шахтного климата.

Проанализированы особенности формирования шахтного микроклимата при современной технологии подземной добычи угля на больших глубинах. Представлены рациональные по тепловому фактору горнотехнические и технологические решения, обеспечивающие снижение нагрева воздуха в выработках глубоких горизонтов.

Рассмотрены физические основы охлаждения шахтного воздуха, связанные с применением искусственного и естественного колода. Изложены данные о выборе технологических схем шахтных систем кондиционирования воздуха, стационарных и передвижных холодильных установок, сведения о способах и технических средствах регулирования шахтного микроклимата.

Приведены основные положения расчета теплового режима горных выработок с использованием специального программного обеспечения. Освещены вопросы рационального проектирования и эксплуатации систем кондиционирования шахтного воздуха.

Монография предназначена для предприятий угольной отрасли, студентов горных специальностей и специалистов, занимающихся вопросами борьбы с высокими температурами воздуха в глубоких шахтах.

УДК 622.413.4  
ББК 33.18

ISBN 978-617-579-992-5

© Коллектив авторов, 2014  
© Изд-во «Ноулидж», 2014

По всем вопросам:  
тел. +7 495 128 3577  
email: [info@smartindustry.live](mailto:info@smartindustry.live)

1 - 2 июня 2022, Москва

SMART  
INDUSTRY

## ПЕРЕХОД К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКЕ – УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Первая в России конференция, объединяющая опыт компаний из различных секторов экономики в области промышленной трансформации и перехода к моделям устойчивого развития.

[www.smartindustry.live](http://www.smartindustry.live)

Место проведения: Loft Hall #2  
Ул. Ленинская Слобода 26 с15



Код МРНТИ 52.13.25:52.13.23

М.В. Бочаров

Общество с ограниченной ответственностью «Горно-строительная компания – Шахтпроект» (г. Москва, Россия)

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КРЕПИ ПРОИЗВОЛЬНОГО ОЧЕРТАНИЯ И МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

**Аннотация.** В работе рассмотрен вариант использования нелинейной модели деформирования породного массива с совместным взаимодействием с крепью произвольного очертания. При решении данной задачи применялся численный метод конечных элементов в плоской деформации в постановке Лагранжа. При описании нелинейного поведения грунта использовалась ассоциированная теория идеального пластического течения с поверхностью текучести Друкера-Прагера. Для скальных пород трещиноватой структуры различной ориентации применялся критерий прочности Хоека-Брауна с параметрами Ника-Бартона, в том числе на глубинах более 1500 м. При решении совместной задачи деформирования железобетонной конструкции крепи использовалась деформационная модель пластичности бетона и арматуры, основанная на гипотезе плоских сечений.

**Ключевые слова:** пластичность, скальные породы, трещиноватость, конечные элементы, бетон, арматура, нелинейная упругость, геологический индекс, рейтинг породы, Друкер-Прагер, Хоек-Браун.

### Сызықты емес деформация кезіндегі ерікті пішінді төсемнің және тау жыныстарының массасының кернеулі-деформациялық күйі

**Аңдатпа.** Жұмыста ерікті пішінді тіреуішпен түйісу әрекеттесуі бар таужыныс массасы деформациясының сызықты емес моделін қолдану нұсқасы қарастырылған. Бұл есепті шешу кезінде Лагранж тұжырымында жазық деформациядағы ақырлы элементтердің сандық әдісі қолданылды. Топырақтың сызықты емес мінез-құлқын сипаттау кезінде Друкер-Прагер ақырлы бетімен идеал пластикалық ағынның байланысты теориясы қолданылады. Өртүрлі бағыттағы жарықшақ құрылымы бар тау жыныстары үшін Хок-Браун беріктік критерийі Ник-Бартон параметрлерімен қолданылады, соның ішінде 1500 м-ден астам тереңдікте қаптаманың темірбетон құрылымын деформациялаудың түйіскен мәселесін шешу кезінде жазық қималар гипотезасына негізделген бетон мен арматураның пластикасының деформациялық моделі қолданылды.

**Түйінді сөздер:** пластикалық, тау жыныстары, жарықшақтық, ақырлы элементтер, бетон, арматура, сызықты емес серпімділік, геологиялық көрсеткіш, тау жыныстарының рейтингі, Друкер-Прагер, Хоек-Браун.

### The stress-strain state of the rock construction arbitrary shape and array rocks with the nonlinear deformation

**Abstract.** In the subject considered the variant of using a non-linear model of deformation of a rock structure with the joint interaction with the rock construction arbitrary shape. In solving this problem was used numerical finite elements method with the plane deformation in the formulation of the Lagrange. When describing the nonlinear behaviour of soil was used the associate theory of ideal plastic flow with the surface strength of Drucker-Prager. For rocks with a fractured structure of various orientations, the Hoek-Brown strength criterion is applied with the Nick-Barton parameters, incl. at depths greater than 1500 m. At the decision of the joint task deformation of reinforced concrete designs of construction was used deformation model of plasticity of concrete and reinforcement, based on the hypothesis of flat sections.

**Key words:** plasticity, rocks, fracturing, finite elements, concrete, rebar, non-linear elasticity, geological index, rock rating, Drucker-Prager, Hoek-Brown.

### Введение

Исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива<sup>1,2</sup> вокруг горизонтальных и вертикальных выработок является одним из ключевых факторов при проектировании крепи. Данный подход позволяет корректным образом описать поведение пластичных и/или скальных пород и их воздействие на конструктив крепи на таких объектах, как Донской ГОК, и схожих с ним месторождениях, поскольку адекватное описание поведения массива горных пород, ослабленных выработкой произвольной конфигурации, дает возможность корректно определять напряженно-деформированное

состояние крепи. Сложность задачи заключается в разнообразии свойств горных пород, их неоднородности по глубине и поведению вокруг выработки. Ключевой акцент в данной работе при оценке НДС массива горных пород и крепи был сделан на нелинейном поведении грунтового массива вокруг выработки и его действия на крепь с возможностью обобщения данной расчетной методики на крепь произвольной геометрической конфигурации.

Решение данной задачи, при всем многообразии действующих факторов, можно осуществить лишь численным методом, особенно при учете нелинейного поведения грунта и реальной конфигурации

крепи. Наибольшее распространение при численном решении механики деформируемого твердого тела получил метод конечных элементов (МКЭ)<sup>3,4</sup>, обладающий высокой универсальностью и позволяющий учитывать в достаточной для практических расчетов степени все многообразие протекающих процессов. Массив пород моделировался с учетом развития упругопластических деформаций, с использованием критерия Друкера-Прагера для пластичных сред и Хоека-Брауна<sup>5</sup> для скальных пород трещиноватой структуры различной ориентации и размеров блоков ослабления. Для учета слоистости (трещиноватости) изотропных пород применялся

<sup>1</sup>Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1978. – 390 с.

<sup>2</sup>Баклашов И.В., Картозия Б.А., Шашенко А.Н., Борисов В.Н. Геомеханика: учебник для вузов. – М., 2004. – Т. 2. – 249 с.

<sup>3</sup>Макарьянц Г.М. Основы метода конечных элементов: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 104 с.

<sup>4</sup>Шимановский А.О., Пулято А.В. Применение метода конечных элементов в решении задач прикладной механики: учеб.-метод. пособие для студентов технических специальностей. – Гомель: БелГУТ, 2008. – 61 с.

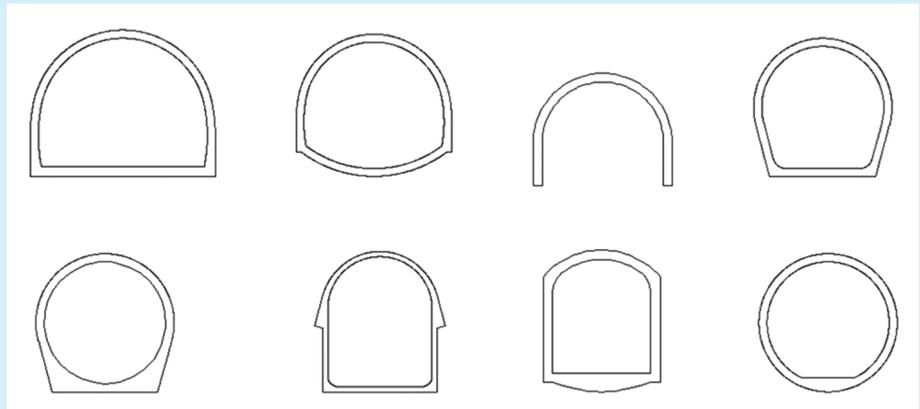
<sup>5</sup>Hoek E., Bray J.W. Rock Slope Engineering. / 3rd ed. – London: Institution of Mining and Metallurgy, 1981. – 358 p.

метод асимптотического усреднения (гомогенизации) деформационных и прочностных свойств пород, что, в конечном счете, приводило к описанию трансверсально-изотропного/ортотропного породного массива. По результатам проведенных численных экспериментов установлено адекватное описание процесса взаимодействия массива горных пород и крепи.

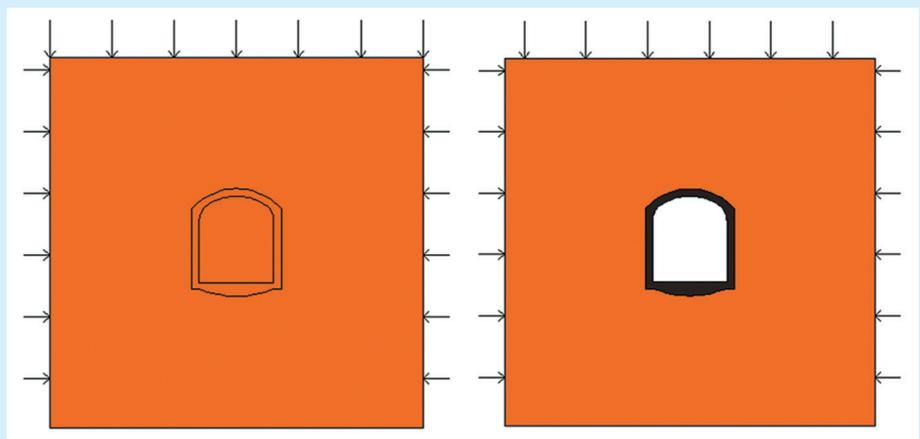
В современной расчетной практике поведения горных выработок наибольшее распространение получил метод Колосова-Мухелишвили, основанный на теории комплексного переменного. Метод обладает рядом преимуществ, основным из которых является относительная простота в реализации. Недостатком метода является невозможность учета поведения грунта при нелинейном деформировании, учета реальной конфигурации крепи, адекватного описания поведения конструкции крепи при взаимодействии с породным массивом на контакте при задании коэффициента «упругого» отпора, который достаточно сложен в определении его значения и последующим описании при работе в массиве.

Использование упругопластической модели грунта совместно с МКЭ и реальной конфигурацией крепи избавлено от описанных недостатков. Контактное взаимодействие грунта и крепи реализуется автоматически на базе имеющихся горно-геологических данных (модуля упругости, коэффициента Пуассона, угла внутреннего трения, величины сцепления), а главное, позволяет определить фактическое горное давление породного массива на крепь при заложенном уровне формализации.

**Цель данной работы** – использовать модель нелинейного деформирования грунтового массива в окрестности выработки методами упругопластического поведения на основе ассоциированного закона текучести с применением поверхности текучести Друкера-Прагера для пластичных сред и Хоека-Брауна для скальных пород трещиноватой структуры различной ориентации и размеров блоков ослабления; описать реальную конфигурацию



**Рис. 1. Конфигурации крепи горизонтальных выработок.  
Сурет 1. Жұмыс тірегінің көлденең конфигурациялары.  
Figure 1. Horizontal lining configurations.**



**Рис. 2. Расчетная схема при определении начальных напряжений и при совместной работе массива и крепи.  
Сурет 2. Бастапқы кернеулерді анықтауда және массив пен тіректің бірлескен жұмысында есептеу схемасы.  
Figure 2. Calculation scheme for determining the initial stresses and for the joint operation of the array and support.**

крепи произвольного очертания; учесть работу арматуры в бетоне в процессе деформирования.

На рис. 1 представлены возможные конфигурации крепи горизонтальных выработок.

**Постановка задачи**

При определении НДС с учетом упругопластического деформирования грунтового массива и крепи выработки решались три задачи.

На первом этапе – упругая задача с целью определения начального поля напряжений в породном массиве; на втором – задача упругопластического деформирования массива пород и крепи выработки; на третьем – задача по определению несимметричного армирования крепи выработки по результатам полученного напряженного состояния крепи. Граничные условия

задавались следующим образом: вверху расчетной области ставилась вертикальная составляющая горного давления на глубине  $H$  ( $\gamma H$ ,  $\gamma$  – удельный вес грунта,  $H$  – глубина), по бокам – горизонтальная составляющая ( $\lambda \gamma H$ ,  $\lambda$  – коэффициент бокового давления). Величина коэффициента бокового давления является важным фактором при моделировании напряженного состояния крепи, которая зачастую неизвестна. Величина коэффициента бокового давления в зависимости от глубины залегания и от деформационных и прочностных свойств породного массива также подвергается определению в процессе решения задачи.

**Метод решения**

При всем многообразии состава и структурного строения грунты, с точки зрения механики сплошной

среды, представляют собой сыпучие слабосвязанные среды, макроскопическое поведение которых при действии механических нагрузок с достаточной для практических приложений точностью может быть описано в рамках теории механики деформируемого твердого тела. Основными отличительными особенностями НДС данных сред являются: ярко выраженная нелинейность при достаточно низких значениях напряжений и существенно различная способность сопротивляться сжимающим и растягивающим нагрузкам (разномодульные материалы). При решении упругопластической задачи использовался следующий функционал, минимизирующий потенциальную энергию на работе внешних и внутренних сил<sup>6</sup>:

$$\Pi = 1/2 \iint (\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \tau_{xy} \gamma_{xy}) h dS - \iint Y v h dS - \int (X_n u + Y_n v) h dL,$$

где  $\sigma_x \varepsilon_x$  отвечает за работу внутренних усилий, возникающих в элементе;

$\sigma_y \varepsilon_y$  – работа внешних объемных усилий;  
 $\tau_{xy} \gamma_{xy}$  – работа внешних поверхностных нагрузок.

При решении задачи делались следующие допущения:

- при определении начального поля напряжений начальные деформации обнулялись;

- при пластическом деформировании грунтового массива предполагалась пластическая несжимаемость;

- при пластическом деформировании материал подчинялся ассоциированному закону течения;

- предполагалась аддитивность упругой и пластической деформации;

- предполагалось совместное деформирование крепи и массива.

На основании анализа уровня нагрузок, возникающих в окружающем подземный участок грунте, а также закономерностей поведения реальных грунтов при данных нагрузках, показано, что для моделирования нелинейного НДС, взаимодействующего с подземной конструкцией грунта с достаточной для практических приложений точностью можно использовать модель упруго-идеальнопластического материала.

В процессе деформирования породного массива проявляется нелинейная упругость его поведения. Ярко выраженные нелинейные зависимости уровня средних напряжений от величины объемных деформаций для модуля объемной деформации и уровня касательных напряжений от величины деформаций сдвига модуля деформации сдвига, соответственно, описываются следующим образом<sup>7</sup> для:

- модуля объемной деформации:

$$K(\varepsilon_0) = (E_0 \sigma_s) / [3 \times (1 - 2\nu) + E_0 \varepsilon_0],$$

где  $E_0$  – начальный модуль сжатия;

$\nu$  – коэффициент Пуассона;

$\sigma_s$  – предел текучести при сжатии;

$\varepsilon_0$  – объемная деформация;

- модуля деформации сдвига:

$$G(\gamma_i) = (G_0 \tau_s) / (\tau_s + G_0 \gamma_i),$$

где  $G_0$  – начальный модуль сдвига;

$\tau_s = \sigma_s / \sqrt{3}$  – предел текучести при сдвиге;

$\gamma_i$  – интенсивность деформации сдвига.

Как видно, величины модулей объемной деформации и деформации сдвига нелинейны, т. к. зависят от уровня достигнутых деформаций.

При умеренных статических нагрузках в качестве критерия перехода грунта в пластическое состояние можно использовать следующее линейное соотношение, выражающее известный закон Кулона для грунтов<sup>8</sup>:

$$|\tau_n| = c + tg\phi \times \sigma_n,$$

где  $\tau_n$  и  $\sigma_n$  – касательная и нормальная (сжимающая) компоненты напряжений на элементарной площадке с нормалью  $n$ ;

$c$  – удельное сцепление;

$\phi$  – угол внутреннего трения грунта.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований, условие текучести Мора-Кулона рассматривается как критерий, дающий наиболее точные результаты в случае сложного НДС реальных грунтов различных типов. Теоретические исследования по построению эффективных алгоритмов численного решения упруго-пластических задач механики деформируемого твердого тела с негладкими поверхностями текучести при практическом численном анализе задач механики грунтов приводят к аппроксимации гладкой поверхности. Впервые уравнение гладкой поверхности текучести

для анализа сложного нелинейного НДС грунтов было предложено Друккером и Прагером<sup>7</sup> в виде:

$$\Phi(I_1, J_2, J_3) = \alpha \times I_1 + \sqrt{J_2} - k,$$

где  $I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$  – первый инвариант тензора напряжений;

$J_2 = 1/2(s_{ij}s_{ji})$  – второй инвариант девиатора тензора напряжений;

$J_3 = 1/3(s_{ij}s_{jk}s_{ki})$  – третий инвариант девиатора тензора напряжений;

$s_{ij} = \sigma_{ij} - (\delta_{ij} \times I_1/3)$  – компоненты девиатора тензора напряжений;

$\delta_{ij}$  – символ Кронекера;

$\alpha$  и  $k$  – некоторые положительные константы для каждой точки материала.

Или в развернутом виде:

$$\Phi(I_1, J_2, J_3) = \alpha \times (\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(1/6 \times [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 6\tau_{xy}^2])} - k.$$

Для вписанного в пирамиду Мора-Кулона конуса Друкера-Прагера:

$$\alpha = \sin\varphi / (\sqrt{3} \sqrt{3 + \sin^2\varphi});$$

$$k = (\sqrt{3} \times c \times \cos\varphi) / (\sqrt{3} \sqrt{3 + \sin^2\varphi}).$$

Для описанного в пирамиду Мора-Кулона конуса Друкера-Прагера:

$$\alpha = 2\sin\varphi / (\sqrt{3} (3 - \sin\varphi));$$

$$k = (6 \times c \times \cos\varphi) / (\sqrt{3} (3 - \sin\varphi)).$$

Для описания поведения скальных пород трещиноватой структуры различной ориентации и размеров блоков ослабления применяется критерий прочности Хоека-Брауна с параметрами Ника-Бартона.

Критерий прочности Хоека-Брауна для скальных пород<sup>9</sup>:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{c,i} \times (m_b \times \sigma_3 / \sigma_{c,i} + s)^a,$$

где  $m_b$ ,  $s$ ,  $a$  – эмпирические параметры критерия прочности Хоека-Брауна, зависящие от геологической структуры породного массива.

$$m_b = m_i \times e^{(GSI - 100)/(28 - 14D)};$$

$$s = e^{(GSI - 100)/(9 - 3D)};$$

$$a = 1/2 + 1/6 \times (e^{-GSI/15} - e^{-20/3}),$$

где  $GSI = RMR : 5$  – геологический индекс прочности;

$RMR$  – рейтинг массива по геомеханической классификации;

$m_i$  – параметр, характеризующий тип горной породы;

Характеристика породы от пластичной к хрупкой:

$$4 \leq m_i \leq 33;$$

$$m_i = 0 \text{ – пластическая порода};$$

$$m_i = 33 \text{ – хрупкая порода}.$$

<sup>6</sup>Jianping Zuo, Jiayi Shen. *The Hoek-Brown Failure criterion – From theory to application.* – Springer. – 2020. – 225 p.

<sup>7</sup>Wai-Fah Chen. *Plasticity in reinforced concrete.* – J. Ross publishing. – 2007. – 474 p.

<sup>8</sup>Bathe K.J. *Finite element procedures.* – 2014. – 1038 p.

<sup>9</sup>Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. *The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics.* – 2005. – Sixth edition. – 648 p.

При расчете железобетонных элементов с использованием деформационной модели принимают:

- значения сжимающей продольной силы, а также сжимающих напряжений и деформаций укорочения бетона и арматуры – со знаком «минус»;
- значения растягивающей продольной силы, а также растягивающих напряжений и деформаций удлинения бетона и арматуры – со знаком «плюс».

При расчете нормальных сечений по прочности в общем случае используют уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий в нормальном сечении элемента<sup>10</sup>:

$$M_x = \sum_i \sigma_{bi} A_{bi} Z_{bxi} + \sum_j \sigma_{sj} A_{sj} Z_{sxj};$$

$$M_y = \sum_i \sigma_{bi} A_{bi} Z_{byi} + \sum_j \sigma_{sj} A_{sj} Z_{syj};$$

$$N = \sum_i \sigma_{bi} A_{bi} + \sum_j \sigma_{sj} A_{sj},$$

где  $M_x, M_y$  – изгибающие моменты от внешней нагрузки относительно выбранных и располагаемых в пределах поперечного сечения элемента координатных осей;

$N$  – продольная сила от внешней нагрузки;  
 $A_{bi}, Z_{bxi}, Z_{byi}, \sigma_{bi}$  – площадь, координаты центра тяжести  $i$ -го участка бетона и напряжение на уровне его центра тяжести;

$A_{sj}, Z_{sxj}, Z_{syj}, \sigma_{sj}$  – площадь, координаты центра тяжести  $j$ -го стержня арматуры и напряжение в нем.

Для железобетонных элементов, на которые действуют изгибающие моменты двух направлений и продольная сила, деформации бетона  $\varepsilon_b$  и арматуры  $\varepsilon_s$  в нормальном сечении произвольной формы определяют решением системы уравнений:

$$\begin{cases} M_x = D_{11} \times 1/r_x + D_{12} \times 1/r_y + D_{13} \times \varepsilon_\phi; \\ M_y = D_{12} \times 1/r_x + D_{22} \times 1/r_y + D_{23} \times \varepsilon_\phi; \\ N = D_{13} \times 1/r_x + D_{23} \times 1/r_y + D_{33} \times \varepsilon_\phi. \end{cases}$$

где  $D$  – показатель качества буровзрывных работ (нарушенности массива).

Жесткостные характеристики  $D_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, 3$ ) в уравнениях определяют по формулам:

$$D_{11} = \sum_i A_{bi} Z_{bxi}^2 E_{bi} v_{bi} + \sum_j A_{sj} Z_{sxj}^2 E_{sj} v_{sj};$$

$$D_{22} = \sum_i A_{bi} Z_{byi}^2 E_{bi} v_{bi} + \sum_j A_{sj} Z_{syj}^2 E_{sj} v_{sj};$$

$$D_{12} = \sum_i A_{bi} Z_{bxi} Z_{byi} E_{bi} v_{bi} + \sum_j A_{sj} Z_{sxj} Z_{syj} E_{sj} v_{sj};$$

$$D_{13} = \sum_i A_{bi} Z_{bxi} E_{bi} v_{bi} + \sum_j A_{sj} Z_{sxj} E_{sj} v_{sj};$$

$$D_{23} = \sum_i A_{bi} Z_{byi} E_{bi} v_{bi} + \sum_j A_{sj} Z_{syj} E_{sj} v_{sj};$$

$$D_{33} = \sum_i A_{bi} E_{bi} v_{bi} + \sum_j A_{sj} E_{sj} v_{sj}.$$

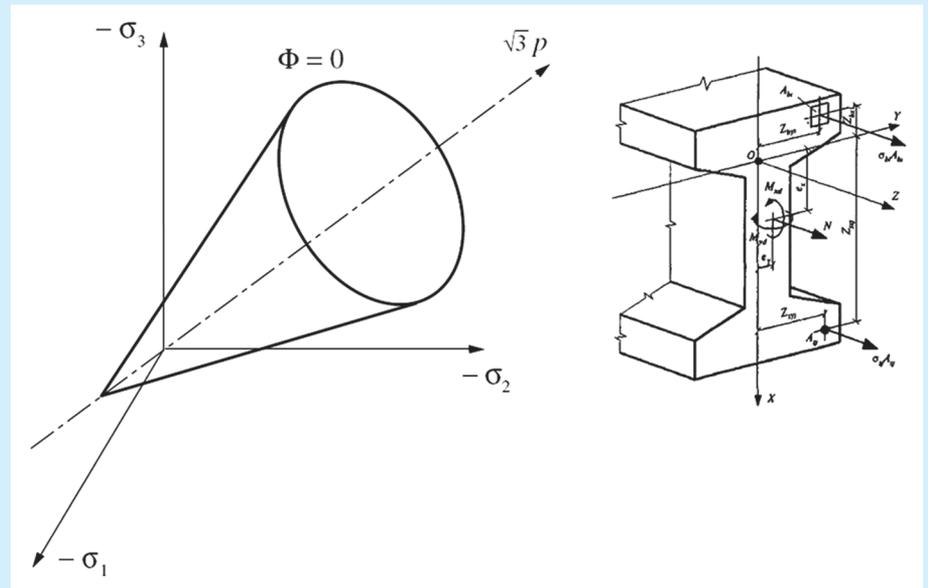
**Полученные результаты**

При решении поставленной задачи использовались следующие начальные данные:  $E = 1$  ГПа,  $\mu = 0,3, H = 1000$  м,  $\gamma = 1,9$  т/м<sup>3</sup>,  $c = 5$  МПа,  $\varphi = 28^\circ$ . Расчет проводился на сетке из 20000 элементов с последующей адаптацией и сгущением в зависимости от градиента напряжений и деформаций до 35000 элементов. Полученная система нелинейных уравнений решалась модифицированным методом Ньютона-Рафсона.

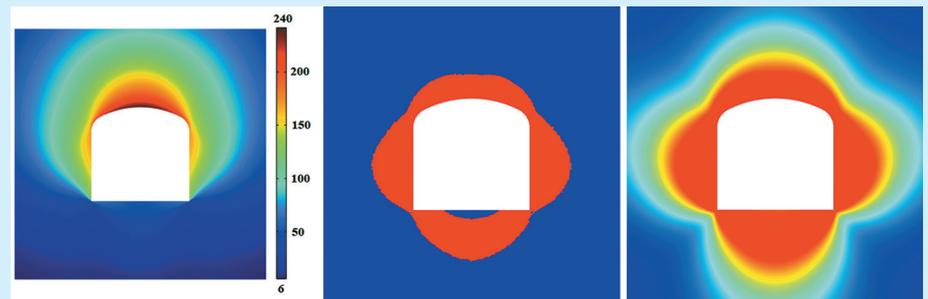
Полученные результаты показали, что общие перемещения,

достигающие максимального значения в 240 мм, при заданных свойствах грунта соответствуют с перемещениями для однослойных конфигураций (рис. 4).

Зоны пластических деформаций представлены на рис. 4 и по своей картине качественно согласуются с нормативными результатами. Данная картина распределения зон пластического течения обусловлена автоматическим учетом при упруго-пластическом расчете не только коэффициента упругого отпора, перпендикулярного контуру крепи, но и касательного. На рис. 5 показаны



**Рис. 3. Поверхность текучести Друккера-Прагера и расчетная схема нормального сечения железобетонного элемента.**  
**Сурет 3. Друкер-Прагер шығымдылығының беті және темірбетон элементінің қалыпты қимасының есептеу схемасы.**  
**Figure 3. Drucker-Prager Yield Surface and Calculation Scheme of the Normal Section of a Reinforced Concrete Element.**



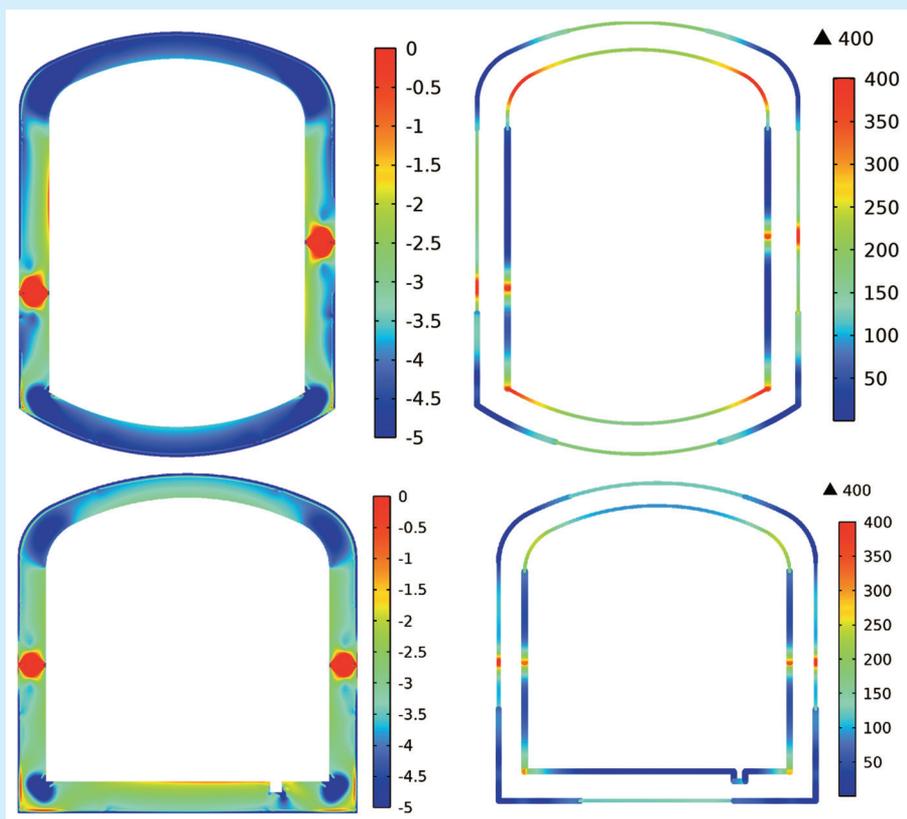
**Рис. 4. Распределение перемещений на контуре выработки и зоны возможных пластических деформаций.**  
**Сурет 4. Жұмыс контуры мен мүмкін болатын пластикалық деформациялардың аймақтары бойынша жылжулардың таралуы.**  
**Figure 4. Distribution of displacements on the working contour and zones of possible plastic deformations.**

<sup>10</sup>Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Zhu J.Z. *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*. – 2005. – Sixth edition. – 803 p.

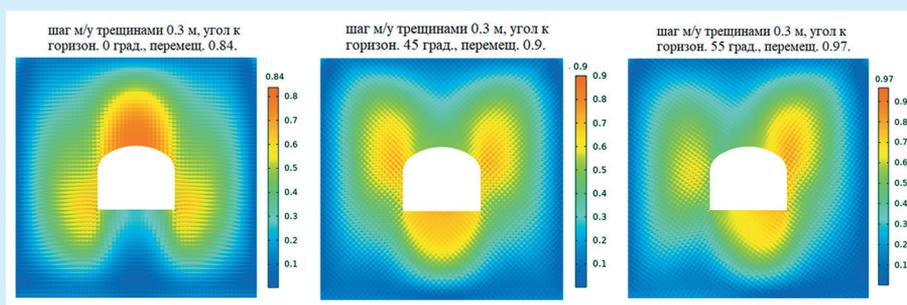
результаты определения уровня напряженного состояния в бетоне и арматуре различного типоразмера. На рис. 6 показаны результаты определения уровня перемещений скальных пород трещиноватой структуры различной ориентации и размеров блоков ослабления (применяется критерий прочности Хоэка-Брауна с параметрами Ника-Бартона). Как видно, ориентация блоков ослабления даже при их идентичном размере (0,3 м) влияет на величину потенциальных перемещений, следовательно, и на нагрузки на конструктив крепи.

#### Выводы

По результатам проведенных исследований использована модель упругопластического поведения грунтового массива, общая картина которого совпадает с нормативными документами для простых конфигураций выработок при заданных горно-геологических условиях, использована модель реальной конструкции крепи с описанием на конечных элементах высокого порядка, что позволило подробнее описать картину поведения крепи, использована деформационная модель поведения железобетона. Все перечисленные результаты позволяют более адекватно описывать поведение не только грунтового массива и определения горного давления на крепь, но и самой крепи с учетом работы железобетона, что дает возможность обобщить расчет трехмерных крепей с сопряжениями без потери общности. При этом возможна реализация также и вязкопластических течений, зависящих от временного фактора.



**Рис. 5. Распределение напряжений в бетоне и арматуре.**  
**Сурет. 5. Бетон мен арматурадағы кернеудің таралуы.**  
**Figure 5. Stress distribution in concrete and reinforcement.**



**Рис. 6. Распределение перемещений в скальных породах с различной ориентацией блоков.**  
**Сурет 6. Әртүрлі блоктық бағыттағы тау жыныстарындағы ығысулардың таралуы.**  
**Figure 6. Displacement distribution in rocks with different block orientations.**

#### Сведения об авторах:

**Бочаров М.В.**, начальник бюро расчетов Проектного центра Общества с ограниченной ответственностью «Горно-строительная компания – Шахтпроект» (г. Москва, Россия), [BocharovMV@shaftproject.ru](mailto:BocharovMV@shaftproject.ru); <https://orcid.org/0000-0003-1241-5230>

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Бочаров М.В.**, Тау-кен құрылыс компаниясы – «Шахтпроект» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің Жобалау орталығының есептеу бюросының басшысы (Мәскеу, Ресей)

#### Information about the authors:

**Bocharov M.V.**, Chief of the Calculation Bureau at the Design Center of the «Mining and Construction Company – Shakhtproject» Limited Liability Company (Moscow, Russia)



**7-10 июня 2022**  
**Новокузнецк**

XXX Международная специализированная выставка  
технологий горных разработок



# УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

XII Международная специализированная выставка

## ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

VII Международная специализированная выставка

## НЕДРА РОССИИ

300 ЛЕТ  
КУЗБАСС

Организаторы



Messe  
Düsseldorf



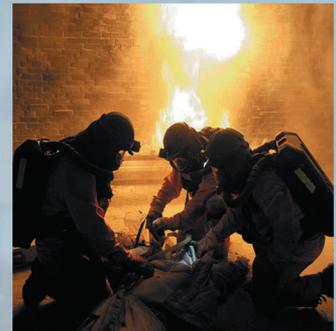
уголь



руды



промышленные минералы



охрана и безопасность труда

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Выставочный комплекс "Кузбасская ярмарка", ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк  
т./ф: 8 (3843) 32-11-89, 32-22-22 e-mail: com@kuzbass-fair.ru, dr@kuzbass-fair.ru



[www.ugolmining.ru](http://www.ugolmining.ru)

12+

Код МРНТИ 52.45.23

A.E. Vorobyov<sup>1</sup>, V.V. Peregudov<sup>2</sup><sup>1</sup>Grozny State Oil Technical University (Grozny, Russia),<sup>2</sup>Limited Liability Partnership «KRITS-NTK» (Stepnogorsk, Kazakhstan)

## TECHNOLOGIES FOR EXTRACTING NANOGOLD FROM NATURAL AND TECHNOGENIC ORES

**Abstract.** Innovative technologies for separating nanogold from natural and technogenic ores are disclosed. The main forms of presence of gold nanoparticles in mineral raw materials are described: in the crystal structure of carrier minerals, crystal structure defects, microcracks, and films of newly formed minerals. It is shown that the main minerals – concentrates of nanosized gold are chalcocyanite, albite, valensionite, arsenic pyrite, arsenopyrite, chalcopyrite, marcasite, iron oxides, realgar, clay minerals, etc. When developing a technology for the enrichment of gold-bearing ores, in which the presence of gold nanoparticles is established, it is necessary to take into account their physical and chemical properties that affect the essence of the technology used and its parameters, as well as characteristics.

**Key words:** gold-bearing ores, gold nanoparticles, properties and characteristics, processing technologies, reduction of losses, technogenic ores, minerals-concentrates, crystal structure defects, microcracks, films of newly formed minerals.

### Табиғи және техногенді кендерден нанозолот бөлу технологиялары

**Аннотация.** Табиғи және техногенді кендерден нанозолот бөлуін инновациялық технологиялары ашылды. Алтын нанобөлшектерді минералды шикізатта табудың негізгі формалары сипатталған: тасымалдаушы минералдардың кристалды құрылымында, кристалды құрылымның ақауларында, микрокректерде және жаңадан пайда болған минералдардың пленкаларында. Нанокөлшемді алтынның негізгі минералдары-концентраттары халцедон тәрізді кварц, альбит, валенсионит, мышьяқты пирит, арсениопирит, халькопирит, марказит, темір оксидтері, реальгар, сазды минералдар болып табылады. Құрамында алтыны бар кендерді байыту технологиясын жасау кезінде алтынның нанобөлшектерінің болуы белгіленген олардың қолданылатын технологияның мәніне және оның параметрлеріне әсер ететін физикалық және химиялық қасиеттерін, сондай-ақ сипаттамалары.

**Түйінді сөздер:** құрамында алтыны бар кендер, алтынның нанобөлшектері, қасиеттері мен сипаттамалары, өңдеу технологиялары, шығындарды азайту, техногендік кендер.

### Технологии выделения нанозолота из природных и техногенных руд

**Аннотация.** Раскрыты инновационные технологии выделения нанозолота из природных и техногенных руд. Описаны основные формы нахождения наночастиц золота в минеральном сырье: в кристаллической структуре минералов-носителей, дефектах кристаллической структуры, микротрещинах и пленках новообразованных минералов. Показано, что основными минералами – концентратами наноразмерного золота являются халцедоновидный кварц, альбит, валенсионит, мышьяковистый пирит, арсениопирит, халькопирит, марказит, оксиды железа, реальгар, глинистые минералы. При разработке технологии обогащения золотосодержащих руд, в которых установлено наличие наночастиц золота, необходимо учитывать их физические и химические свойства, влияющие на сущность используемой технологии и ее параметры, а также характеристики.

**Ключевые слова:** золотосодержащие руды, наночастицы золота, свойства и характеристики, технологии переработки, снижение потерь, техногенные руды.

### Introduction

At present, the concept of «nano» in ore mineralogy and the complex processing of natural and technogenic mineral raw materials has not yet been fully formed. At the same time, finely dispersed ores are taken into development, the nanoparticles of which become the main factor in the technologies for obtaining a useful component from them. The involvement of industrial nanominerals in production leads to a change in the concept of the most useful component. It should be noted that nanoscale technologies involve the study and implementation of mechanisms for extracting valuable components already at the molecular, atomic and electronic levels.

Nanogold (particle size of which is less than 1 nm) is an important component and variable part of finely dispersed (less than 10 μm) gold and

often belongs to its associated type<sup>1,2</sup> [1-5]. The following forms of presence in mineral raw materials were established for it: in the crystal structure of carrier minerals (pyrite, arsenopyrite, quartz, and others), defects in the crystal structure (dislocations, grain boundaries, twin and interfacial boundaries), microcracks and films of newly formed minerals<sup>3,4</sup>. According to numerous analytical studies, the amount of nanogold contained in sulfide, arsenide, and other ore minerals can be quite significant, reaching contents of 2-5 g/t for the entire mass of gold-bearing ore [6].

The main minerals-concentrates of nanosized gold are chalcocyanite of nanosized gold are chalcocyanite quartz, albite, valensionite, arsenic pyrite, arsenopyrite, chalcopyrite, marcasite, iron oxides, realgar, clay minerals, etc. In primary ores formed due to hydrothermal activity, the highest contents of nanogold, as a rule,

are associated with sulfide minerals. For example, very high contents of nanogold were found in arsenic pyrite of the following gold deposits [6]: Fairview (South Africa) – 1400 g/t Au; Carlin (USA) – 4000 g/t Au; Getchell (USA) – 2400 g/t Au. In Kazakhstan, at the Bakyrchik gold deposit, nano- and submicroscopic dust- and amoeboid segregations of gold in pyrite and arsenopyrite also prevail [7].

In secondary gold deposits, especially those formed due to hypogene enrichment, visible and nanogold are mainly associated with iron oxyhydroxides. They contain crystalline, fine-spongy, film-sheeted, drop-shaped, emulsion, porous forms (Figure 1) of nanogold.

### Materials and Methods

Currently, most experts agree that the main losses in the industrial production of gold are associated with its microscopic and nanosized fractions. The size, shape and composition

<sup>1</sup>Vorobiev A.E., Gladush A.D. Nanoengineering of the fuel and energy complex. – T 2: Nanoassociates of rocks and nanominerals. – M.: RUDN, 2019. – 411 p. (in Russian)

<sup>2</sup>Peregudov V.V., Shautenov M.R. Gold mineralization of Kazakhstan. – Almaty: KazNITU named after. K.I. Satpaev, 2018. – 413 p. (in Russian)

<sup>3</sup>Osovetsky B.M. New gold. – Perm: Perm State National Research University, 2016. – 116 p. (in Russian)

<sup>4</sup>Osovetsky B.M. Natural nanogold. – Perm: Perm State National Research University, 2013. – 176 p. (in Russian)

of gold nanoparticles determines their physicochemical characteristics (solubility, density, hardness, strength, specific conductivity, electrokinetic potential, zeta potential, electric charge, melting temperature, etc.), which determines their behavior in processes extraction at processing plants.

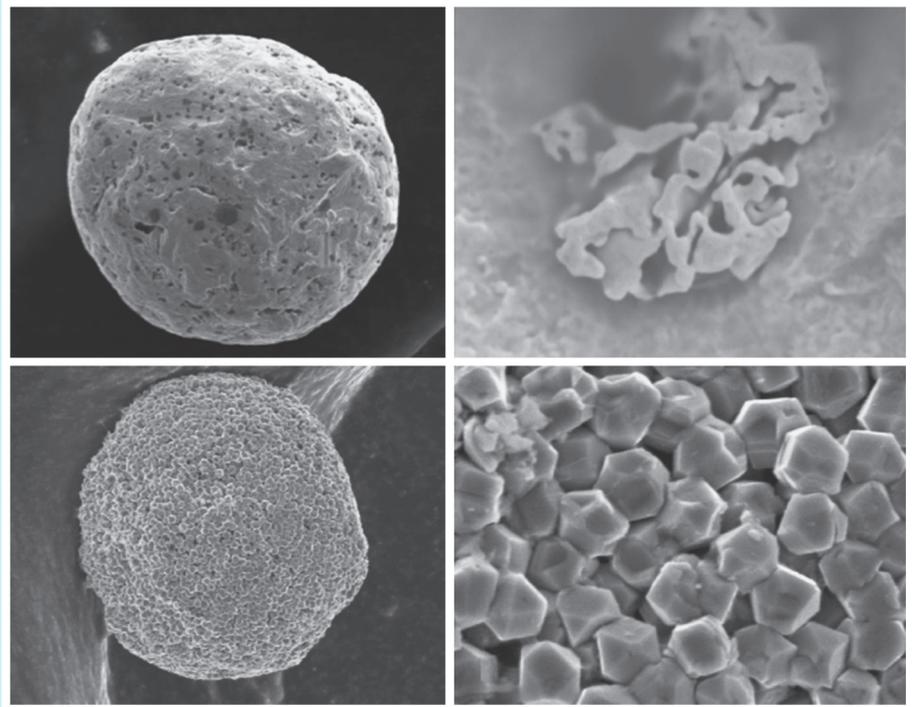
In particular, when enriching gold-bearing ores, it should be taken into account that gold nanoparticles have special physical and chemical properties that directly depend on their size, shape, and dielectric environment. Thus, it was experimentally established that gold particles of the nanoscale level are quite different from macroscopic gold in their mechanical, chemical, electrical, magnetic and other properties.

In particular, macroscopic gold is a typical diamagnet, and its 1.9 nm nanoparticles exhibit pronounced ferromagnetic properties [6]. Short, oxygenated gold nanowires conduct electricity, while longer nanowires often become insulators.

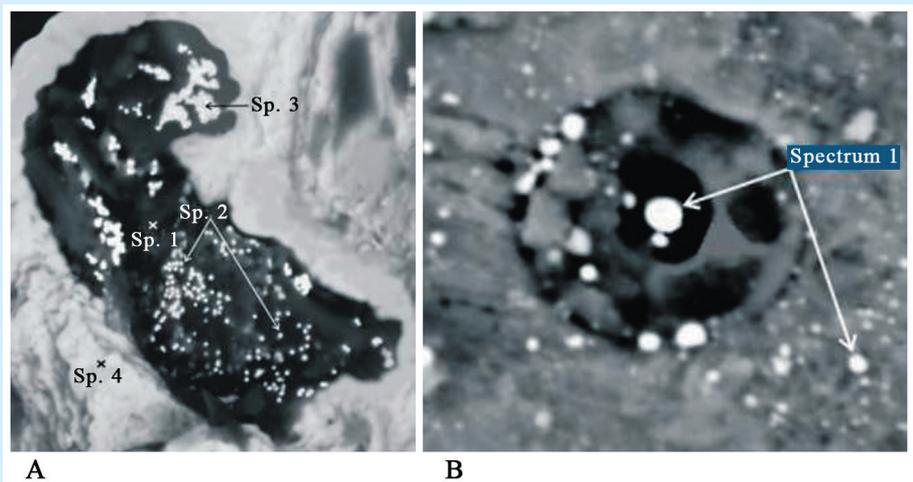
In addition, anisotropic gold nanoparticles have unique optical and electronic properties due to the occurrence of localized surface plasmon resonance during their processing. Thus, anisotropic gold nanoparticles (due to their nonspherical structure) have two absorption maxima: at about 520 nm and in the range of 700-900 nm (depending on the ratio of their geometric parameters). In addition, gold in the state of nanosized particles dramatically changes its chemical properties and is easily oxidized in air [8].

### Results and Discussion

In order to ensure the efficient industrial extraction of nanogold from gold-bearing ores, it is necessary to establish and evaluate its content and parameters in various gold-bearing samples. Nanogold in gold-bearing ores is distributed extremely unevenly, and a special technology is used to objectively assess its content in mineral raw materials. In addition, it follows from numerous new data that each individual nanosized gold grain is extremely heterogeneous in its composition and forms of occurrence, and bears the same traces of a very long formation (Figure 2), which also affects the level of their extraction.



**Figure 1. Various forms of finding nanogold.**  
**Сурет 1. Нанозолотты табудың әртүрлі формалары.**  
**Рис. 1. Различные формы нахождения нанозолота.**



**Figure 2. A – valencianite (Sp. 1), containing fayalite, electrum spheroids (Sp. 2) and electrum clusters (Sp. 3), is replaced by native gold (Sp. 4): magnification  $\times 3000$ ; nanominerals in native iron: B – spheroidal nanogold inside multilayer carbon fullerite and on the surface of native iron (Sp. 1): magnification  $\times 7000$ .**

**Сурет 2. А – құрамында фаялит бар валенсианит (Сп. 1), электрум сфероидтары (Сп. 2) және электрум кластерлері (Сп. 3) қолдан жасалған алтынмен ауыстырылады (Сп. 4): үлкейту  $\times 3000$  ауыстырылады; туынды темірдегі наноминералдар: Б – көпқабатты көміртекті фуллерит ішінде және табиғи темір бетінде (Сп. 1) сфероидты наноголд: үлкейту  $\times 7000$ .**

**Рис. 2. А – Валенсианит (Сп. 1), содержащий фаялит, сфероиды электрума (Сп. 2) и кластеры электрума (Сп. 3) замещаются самородным золотом (Сп. 4): увеличение  $\times 3000$ ; наноминералы в самородном железе: Б – сфероидальное нанозолото внутри многослойного углеродного фуллерита и на поверхности самородного железа (Сп. 1): увеличение  $\times 7000$ .**

To improve the efficiency of extracting nanogold from ores, it is proposed to process the material of the gold-bearing sample in a clearly regulated sequence with the separation into separate products of all gold particles of different dimensions from large (+ 0.25 mm), small (−0.25+0.10 mm), thin (−0.10+0.01 mm (10 μm)) and fine (−10 μm −0.001 mm (1 nm)) (Figure 3). The separation of gold concentrates according to the size of gold grains and gold grains is achieved by a combination of devices operating in passive (screw separator, jigging, hydrocyclone) and intensive (centrifugal devices) gravity fields (Figure 4).

The technological scheme of the Carla plant was developed by V.V. Peregudov and named after his granddaughter. It is assembled in a modular design from separate devices and modules, which, depending on the tasks to be solved, can change places, etc. The best achievements of Soviet technologists of the late 50s – early 60s of the last century, as well as Leading Research Institute of Chemical Technology (Moscow) were used in the technology.

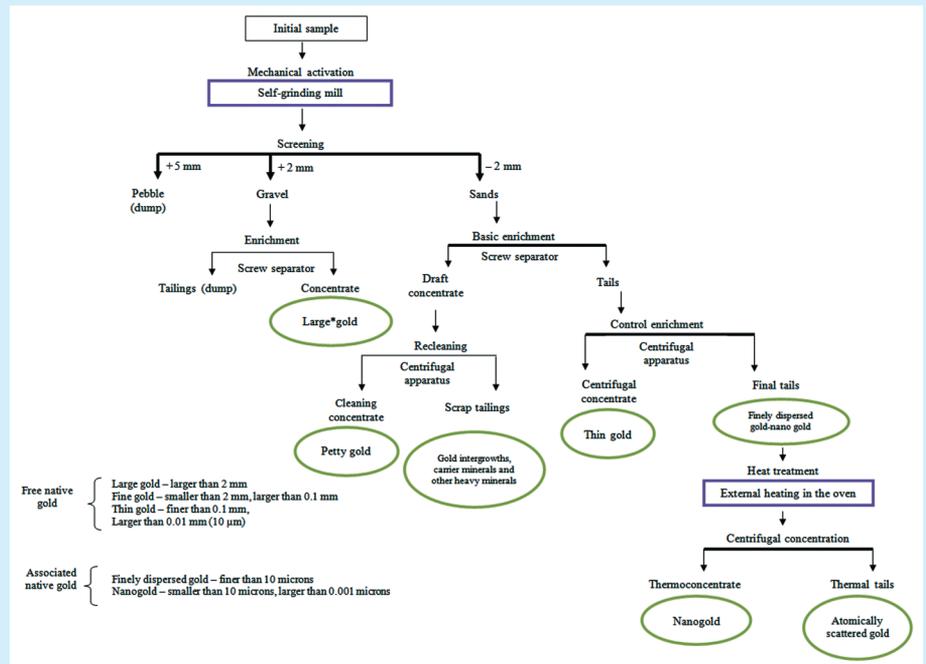
The technological scheme of the chain of apparatuses is an experimental laboratory model of industrial installations, which are completed in an industrial version with hydrometallurgical installations for the intensive leaching of gold from gravity concentrates.

As a result, for each sample, various-sized free native gold is obtained in separate concentrates of centrifugal apparatuses with a grain size of gold particles from 10 microns (with an extraction of more than 90%), others, i.e. in rich ore microaggregates). The final tailings contain mainly finely dispersed gold (nanogold).

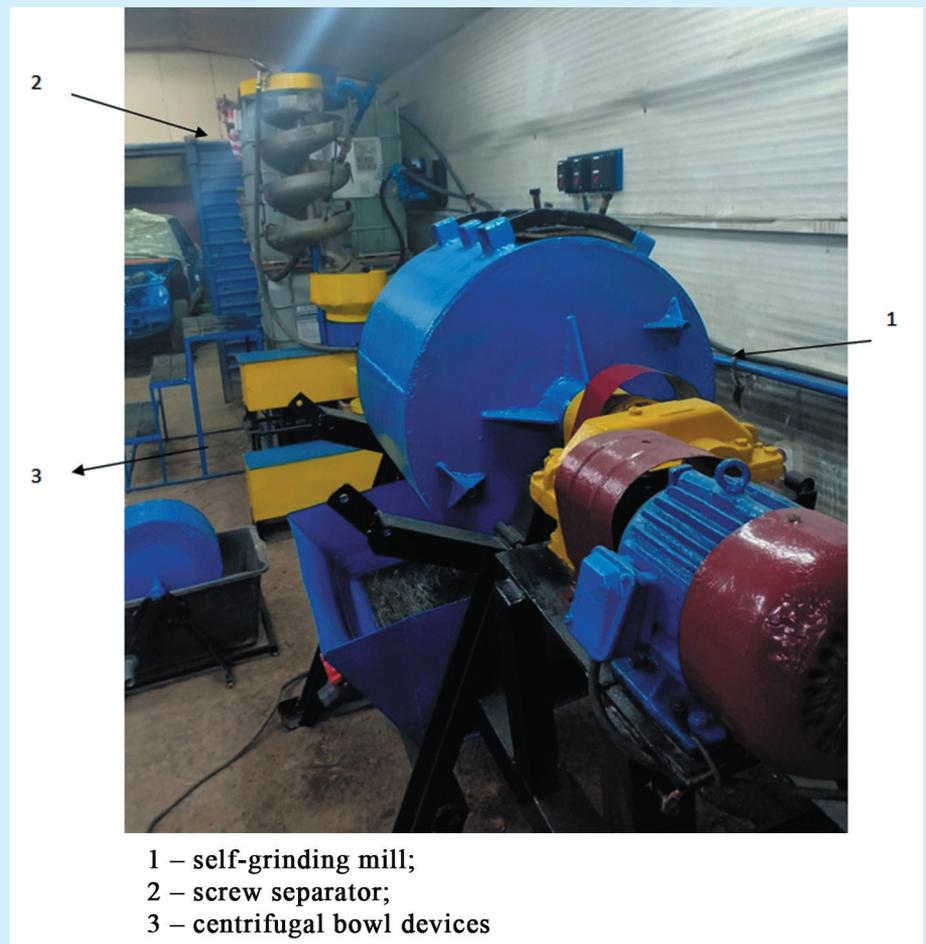
### Conclusion

Thus, a distinctive feature of such a technological scheme is:

- the entire geomaterial of the sample without any reductions (including boulder-pebble) goes into processing, undergoing preliminary mechanical processing in the self-grinding mill;
- after mechanical treatment of wet screening, a sand fraction (−2+0 mm) is released, which undergoes a two-stage enrichment, first (main) on a vibrating screw separator, and then (control)



**Figure 3. Principal technological scheme for processing samples for gold.**  
**Сурет 3. Алтынға үлгілерді өндеудің негізгі технологиялық схемасы.**  
**Рис. 3. Принципиальная технологическая схема обработки проб на золото.**



1 – self-grinding mill;  
 2 – screw separator;  
 3 – centrifugal bowl devices

**Figure 4. Carla plant for processing geological samples.**  
**Сурет 4. Геологиялық үлгілерді өндеуге арналған Carla зауыты.**  
**Рис. 4. Установка Carla по обработке геологических проб.**

on vibrocentrifugal apparatus, which allows you to separate and more or less evenly distribute among the enrichment products free (large, fine and thin) and bound (fine) native gold;

- quantitative determination and study of free native gold in enrichment products pre-treated in a self-grinding mill is carried out by mineralogical, chemical and hydrometallurgical analyzes using X-ray diffractometry, optical and electron microscopy, microprobe X-ray spectral analyzes

of the composition of individual grains of minerals, etc.;

- quantitative determination of finely dispersed gold in the final enrichment tailings is carried out with their preliminary heating (heat treatment). Due to external heating, the nanometer dimension of grains of native gold is enlarged to micron, gravitated. It should be noted that the value of the melting temperature of macroscopic gold is 1064°C, and gold nanoparticles with a size of 2.2 nm are melted only

at 126°C [8], which should also be really reflected in the technological schemes for processing gold ores.

The subsequent enrichment of the heat-treated material in centrifugal apparatuses and analysis of the enrichment products makes it possible to determine its amount by the methods of scintillation spectrometry, chemical, neutron activation and hydrometallurgical analyzes. All studies are accompanied by optical and electron microscopy.

#### REFERENCES

1. Vorobyov A.E., Vercheba A.A. and Trabelssi S. *Osnovnye nanoformy zolota mestorozhdenij i texnogennogo mineral'nogo syr'ya [Basic nanoforms of gold deposits and technogenic mineral raw materials]*. // *Razvedka i ohrana nedr = Exploration and protection of subsoil*. – 2015. – №4. – P. 21-25 (in Russian)
2. Vorobyov A.E., Nasyrov U.F., Ibragimov R.R., Trabelssi S., Kholikulov D.B. *Vyyavlennye nanoformy zolota v geogenom i texnogennom mineral'nom syr'e [Identified nanoforms of gold in geogenic and technogenic mineral raw materials]*. // *Gornyj vestnik Uzbekistana = Mining Bulletin of Uzbekistan*. – 2015. – №2(61). – P. 18-27 (in Russian)
3. Vorobyov A.E., Trabelssi S. *Vidy nanoform zolota, v geogenom i texnogennom mineral'nom syr'e [Types of gold nanoforms in geogenic and technogenic mineral raw materials]*. // *Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan*. – 2015. – №2. – P. 18-21 (in Russian)
4. Vorobyov A.E., Tcharo H. *Sravnitel'nyj analiz svojstv nanorel'efa razlichnyx `zolosoderzhashhix sul'fidov [Comparative analysis of the properties of the nanorelief of various gold-bearing sulfides]*. // *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya = Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Engineering Research*. – 2016. – №1. – P. 78-84 (in Russian)
5. Vorobyov A.E., Shamshiev O.Sh., Maralbaev A.O. *Tipizaciya nanoform zolota v geogenom i texnogennom mineral'nom syr'e [Typification of gold nanoforms in geogenic and technogenic mineral raw materials]*. // *Inzhener = Engineer*. – Bishkek, 2015. – №9. – P. 65-81 (in Russian)
6. Moiseenko V.G., Dementienko A.I. *Resursy nanorazmernogo zolota v mineral'nom syr'e // Voprosy geologii i kompleksnogo osvoeniya prirodnyx resursov Vostochnoj Azii [Resources of nanosized gold in mineral raw materials]*. // *Sbornik dokladov Vtoroj Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Voprosy geologii i kompleksnogo osvoeniya prirodnyx resursov Vostochnoj Azii» = Collection of reports of the Second All-Russian scientific conference «Issues of geology and integrated development of natural resources of East Asia»*. – Blagoveshchensk: IGI P FEB RAS, 2012. – P. 103-105 (in Russian)
7. Zimanovskaya N.A. *Nanozoloto v uglerodisto-zolosul'fidnyx rudax mestorozhdeniya Bakyrchik [Nanogold in carbonaceous-gold-sulfide ores of the Bakyrchik deposit]*. // *Vestnik VKGTU = Bulletin of EKSTU*. – 2014. – №1. – P. 3-6 (in Russian)
8. Zhmodik S.M., Kalinin Yu.A., Roslyakov N.A. *Nanochasticy blagorodnyx metallov v zone gipergeneza [Noble metal nanoparticles in the hypergenesis zone]*. // *Geologiya rudnyx mestorozhdenij = Geology of ore deposits*. – 2012. – Vol. 54. – №2. – P. 168-183 (in Russian)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Воробьев А.Е., Верчеба А.А., Трабелсси С. *Алтын кен орындарының және техногендік минералды шикізаттың негізгі наноформалары*. // *Жер қойнауын барлау және қорғау*. – 2015. – №4. – Б. 21-25 (орыс тілінде)
2. Воробьев А.Е., Насыров У.Ф., Ибрагимов Р.Р., Трабелсси С., Холикулов Д.Б. *Геогендік және техногендік минералды шикізаттардағы алтынның анықталған наноформалары*. // *Өзбекстан тау-кен хабаршысы*. – 2015. – №2(61). – Б. 18-27 (орыс тілінде)

3. Воробьев А.Е., Трабелсси С. Геогендік және техногендік минералды шикізаттардағы алтын наноформаларының түрлері. // Қазақстан кен журналы. – 2015. – №2. – Б. 18-21 (орыс тілінде)
4. Воробьев А.Е., Тчаро Х. Құрамында алтыны бар әртүрлі сульфидтердің нанорельефінің қасиеттерін салыстырмалы талдау. // Ресей халықтар достығы университетінің хабаршысы. Серия: Инженерлік зерттеулер. – 2016. – №1. – Б. 8-84 (орыс тілінде)
5. Воробьев А.Е., Шамшиев О.Ш., Маралбаев А.О. Геогендік және техногендік минералды шикізаттағы алтын наноформаларын типтеу. // Инженер. – Бішкек, 2015. – №9. – С. 65-81 (орыс тілінде)
6. Моисеенко В.Г., Дементиенко А.И. Минералды шикізаттағы наноөлшемді алтынның ресурстары. // «Геология және Шығыс Азияның табиғи ресурстарын кешенді игеру мәселелері» атты Екінші Бүкілресейлік ғылыми конференцияның баяндамалар жинағы. – Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2012. – Б. 103-105 (орыс тілінде)
7. Зимановская Н.А. Бақыршық кен орнының көміртекті-алтын-сульфидті кендеріндегі наноалтын. // Вестник ШҚМТУ. – 2014. – №1. – Б. 3-6 (орыс тілінде)
8. Жмодик С.М., Калинин Ю.А., Росляков Н.А. Гипергенез аймағындағы асыл металл нанобөлшектері. // Геология кен орындары. – 2012. – Т. 54. – №2. – Б. 168-183 (орыс тілінде)

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьев А.Е., Верчеба А.А., Трабелсси С. Основные наноформы золота месторождений и техногенного минерального сырья. // Разведка и охрана недр. – 2015. – №4. – С. 21-25 (на русском языке)
2. Воробьев А.Е., Насыров У.Ф., Ибрагимов Р.Р., Трабелсси С., Холикулов Д.Б. Выявленные наноформы золота в геогенном и техногенном минеральном сырье. // Горный вестник Узбекистана. – 2015. – №2(61). – С. 18-27 (на русском языке)
3. Воробьев А.Е., Трабелсси С. Виды наноформ золота в геогенном и техногенном минеральном сырье. // Горный журнал Казахстана. – №2. – 2015. – С. 18-21 (на русском языке)
4. Воробьев А.Е., Тчаро Х. Сравнительный анализ свойств нанорельефа различных золотосодержащих сульфидов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2016. – №1. – С. 78-84 (на русском языке)
5. Воробьев А.Е., Шамшиев О.Ш., Маралбаев А.О. Типизация наноформ золота в геогенном и техногенном минеральном сырье. // Инженер. – Бишкек. – 2015. – №9. – С. 65-81 (на русском языке)
6. Моисеенко В.Г., Дементиенко А.И. Ресурсы наноразмерного золота в минеральном сырье. // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Вторая Всерос. науч. конф.: сб. докладов. – Благовещенск: ИГиП ДВО РАН. – 2012. – С. 103-105 (на русском языке)
7. Зимановская Н.А. Нанозолото в углеродисто-золотосульфидных рудах месторождения Бакырчик. // Вестник ВКГТУ. – 2014. – №1. – С. 3-6 (на русском языке)
8. Жмодик С.М., Калинин Ю.А., Росляков Н.А. и др. Наночастицы благородных металлов в зоне гипергенеза. // Геология рудных месторождений. – 2012. – Т. 54. – №2. – С. 168-183 (на русском языке)

#### Information about the authors:

**Vorobyov A.E.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Grozny State Oil Technological University (Grozny, Russia), fogel\_al@mail.ru

**Peregudov V.V.**, Mining Engineer – Geologist, Director of the Limited Liability Partnership «KRITS-NTK» (Stepnogorsk, Kazakhstan)

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Воробьев А.Е.**, техника ғылымдарының докторы, Грозный мемлекеттік мұнай технологиялық университетінің профессоры (Грозный қ., Ресей)

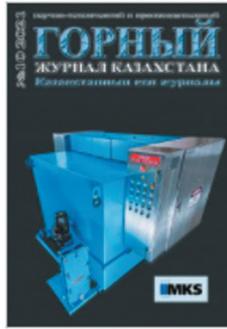
**Перегудов В.В.**, тау-кен инженері – геолог, «КРИТС-НТК» Жауапкершілігі шектеулі серіктестіктер директоры (Степногорск қ., Қазақстан)

#### Сведения об авторах:

**Воробьев А.Е.**, д-р техн. наук, профессор Грозненского государственного нефтяного технического университета (г. Грозный, Россия)

**Перегудов В.В.**, горный инженер – геолог, директор Товарищества с ограниченной ответственностью «КРИЦ-НТК» (г. Степногорск, Казахстан)

# ОТКРЫТА ПОДПИСКА



**КАЗПОЧТА    ЕВРАЗИЯ ПРЕСС    ЭВРИКА-ПРЕСС**

**Подписной индекс 75807**

**Заявка на главной странице сайта MINMAG.KZ**

## ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

Заполните форму и мы перезвоним Вам в ближайшее время

<input type="text" value="Ваше имя *"/>	<input type="text" value="Ваш телефон *"/>	<input type="text" value="Ваш e-mail *"/>
<input type="text" value="Полные реквизиты"/>	<input type="text" value="Количество экземпляров"/>	<input type="button" value="Оформить подписку на журнал"/>

Все Ваши данные конфиденциальны и не распространяются третьим лицам

**Следите за новостями!**



[minmag.kz](http://minmag.kz)



[@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)



+7 747 343 15 02



[post-dts@yandex.kz](mailto:post-dts@yandex.kz)

050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401

Ушел из жизни один из известных специалистов горного дела из числа «старой гвардии» Маркус Хасенович Саринжипов.

Он родился 7 января 1941 г. в с. Аксу-Аюлы Шетского района Карагандинской области в семье педагога. В 1957 г. после окончания средней школы стал студентом горного факультета КазГМИ. Его биография после окончания вуза говорит сама за себя, так как все, что им было сделано за долгие годы его труда, было блестящим подтверждением его генетической предрасположенности к горняцкому духу; его глубокие знания теории закономерно сочетались с практическими навыками, организаторскими способностями и постоянным желанием работать творчески, на ходу изменяя ход событий, с целью оптимизировать любой производственный процесс.

Первым пунктом своей остановки на профессиональном пути с 1967 г. земли он выбрал Акчатауский горно-обогатительный комбинат, начав, как все выпускники, с должности горного мастера и успев за 3 года пройти нелегкий путь до заместителя начальника шахты.

Следующий уровень его трудовой деятельности отличался от прежнего своими масштабами, технологическими особенностями, геологическими характеристиками настолько разительно, что надо было многому переучиваться заново. Эти, казалось бы, непреодолимые трудности, Маркус Хасенович преодолел достаточно быстро и успешно. Речь идет об одном из гигантов цветной металлургии СССР того времени – Зыряновском свинцовом комбинате, где он продолжил трудовую биографию на руднике им. XXII съезда КПСС, откуда вскоре был переведен главным инженером Греховского подземного рудника.

С 1966 г. по 1984 г. на этом предприятии особенно ярко проявились его незаурядные способности руководителя, который умел сочетать инженерный расчет и грамотную организацию, успешно применяя современные технологии с целью улучшения качества выпускаемой продукции, снижения себестоимости и повышения производительности труда с одновременным созданием более безопасных условий труда.

Его участие в претворении на практике вибровыпуска и вибродоставки руды, пневмоимпульсных устройств и самоходного оборудования, инициатором которого был выдающийся советский организатор производства, Герой Социалистического труда Наби Кульчаманович Жаксыбаев, создали ему славу человека с передовыми взглядами на развитие подземных горных работ. Его трудовая активность, умение



**Маркус Хасенович  
Саринжипов  
(1941-2022)**

сочетать научные достижения с практикой, творческий подход к решению сложных многоходовых задач не остались незамеченными. Строительство и пуск нового предприятия в Центральном Казахстане и севере Жамбылской области на базе богатейшего золоторудного месторождения Акбакай нуждались в таком руководителе, поэтому М.Х. Саринжипова в 1984 г. переводят главным инженером этого рудника. Через некоторое время он стал уже директором рудника и показал себя как руководитель, который, начав с подготовки технического проекта горнообогатительного комплекса, построил и сдал в эксплуатацию подземный рудник Акбакай, шахту «Главную», комплекс по добыче на месторождении Бескемпир, проложив поверхностный водовод Бескемпир и автомобильную дорогу Акбакай – Мирный, построил обогатительную фабрику, жилой поселок и объекты социально-культурного назначения.

События, последовавшие вслед за распадом СССР, негативно отразились и на общем состоянии предприятий горнометаллургического комплекса всей страны. Особенностью негативных процессов, поразивших предприятия Казахстана, было отсутствие собственного производства взрывчатых веществ и средств взрывания. Следовало, во-первых, организовать централизованное приобретение их из России; во-вторых – создать собственное производство. Оба этих сложнейших вопроса были решены, в том числе с участием Маркуса Саринжипова, который в 1992 г. возглавил РГП «Казахвзрывпром». Эта веха в его производственной биографии является еще одним фактом его таланта и успешного организатора.

Трудовая деятельность Маркуса Хасеновича была на виду у руководителей горно-металлургической отрасли, поэтому отмечена высокими государственными наградами.

Маркус Хасенович был от природы одарен многими талантами. Он прекрасно знал литературный и разговорный казахский язык, историю казахского народа и других народов, населявших территорию Казахстана в древние времена. Обладая хорошо поставленным певческим голосом, не только исполнял казахские и русские песни, но успел сочинить и свои песни.

М.Х. Саринжиповым написаны не только десятки научных статей, но и художественная книга в назидание потомкам в виде биографии с поучительными экскурсами в историческое прошлое и со сравнительным анализом сегодняшнего дня.

*К нашему сожалению наш коллега и друг не смог в полной мере воспользоваться итогами своих заслуг и безвременно ушел из жизни.*

*Память о таких людях, как Саринжипов М.Х., навсегда сохраняется в сердцах людей, знавших его, учившихся с ним, работавших вместе с ним. Пусть земля ему будет пухом.*

5 февраля 2022 г. ушел из жизни талантливый ученый, специалист своего дела и просто хороший человек – Владимир Григорьевич Чагай.

Владимир Григорьевич родился 12 сентября 1951 г. в совхозе Авангард Кызылординской области Республики Казахстан.

Высшее образование получил в Ленинградском горном институте им. Г.В. Плеханова (Ленинград, 1972-1978 гг.). Наряду с институтским образованием окончил аспирантуру ВНИИБТ (г. Москва, 1987-1991 гг.); обучался в Корлаб Петролеум Сервисес (2001 г.); а в Московском государственном строительном университете (Москва, 2005 г.) освоил специальность «горный инженер-физик».

После окончания Ленинградского горного института с 1978 г. по 2001 г. В.Г. Чагай проработал в научно-исследовательском и проектно-институте КазНИПИ-нефть, пройдя путь от инженера до заведующего лабораторией анализа горно-геологических условий строительства скважин. Владимир Григорьевич участвовал в составлении проектов поиска и разведки залежей УВ, проводил анализ результатов геологоразведочных работ, технических проектов на строительство скважин. В последующем В.Г. Чагай стал одним из инициаторов внедрения законов физики и математики в геологическую науку, что прослеживается по опубликованным им статьям. Под его руководством в 2001-2002 гг. впервые в АО «НИПИнефтегаз» было установлено и запущено современное лабораторное оборудование для исследования керна. Были выполнены аналогичные научно-исследовательские и проектные работы.

Всю свою трудовую жизнь Владимир Григорьевич посвятил научно-исследовательской деятельности, работая в АО «НИПИнефтегаз»: в 2001-2002 гг. – руководителем направления петрофизических исследований коллекторов; в 2002-2006 гг. – директором Департамента геологии и разработки; в 2006-2008 гг. – директором Департамента геологии нефти и газа; в 2008-2019 гг. – заместителем генерального директора по геологии нефти и газа; в 2019-2021 гг. – руководителем направления анализа геологических условий строительства скважин Департамента геологоразведочных работ; с 2021 г.



**Владимир Григорьевич  
Чагай  
(1951-2022)**

по 2022 г. В.Г. Чагай – научный консультант по разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений, по оформлению заявок на продление периода разведки, проектам горного отвода, проектам поиска и оценочных работ, оперативным подсчетам запасов, подсчетам (пересчеты, переводы) запасов, проектам разведки и оценки эксплуатационных запасов подземных вод, проектам разработки подземных вод, программы мониторинга недр при добыче углеводородов, проектам захоронения сточных вод, техническим проектам на строительство скважин; участвовал в выполнении работ по составлению проектов пробной эксплуатации, проектов разработки нефтяных и газовых

месторождений, в т. ч. по месторождениям Карачаганак, Тенгиз, Королевское, Кашаган, Имашевское, и др.

За успехив работе Владимир Григорьевич был награжден государственными наградами: медаль «За вклад в развитие нефтегазовой отрасли» (2017 г.); медаль «Қазақстан мұнайына 120 жыл» (за трудовые отличия, 2019 г.); нагрудный знак «Жер қойнауының құрметті барлаушысы» (2021 г.).

Владимир Григорьевич Чагай являлся членом Казахстанского общества нефтяников-геологов.

В.Г. Чагай. – автор статей, монографий, посвященных нефтегазовой геологии, геофизике и бурению скважин; он – автор многих изысканий, получивших государственное Удостоверение на рационализаторское предложение.

Владимир Григорьевич – участник составления Программы развития газовой программы в Мангистауской области Республики Казахстан, он выполнял работы по экспертизе геологических запасов углеводородного сырья по поручению ГКЗ РК в период с 2012 по 2016 гг. и по экспертизе технико-экономического обоснования коэффициентов извлечения и извлекаемых запасов углеводородного сырья по поручению ГКЗ РК. С 16 сентября 2018 г. стал независимым экспертом ГКЗ РК по основной и технической экспертизе Подсчетов запасов УВ.

Владимир Григорьевич вместе с супругой Надеждой Валентиновной воспитали двух дочерей.

*Это невосполнимая потеря. Помним и скорбим. Общество нефтяников, геологов, горняков, АО «НИПИнефтегаз», редакция «Горного журнала Казахстана» выражает соболезнования семье и близким Владимира Григорьевича.*

**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ**  
**в редакцию периодического печатного издания «Горный журнал Казахстана»**  
(действуют с 1 сентября 2019 года)

**1. «Горный журнал Казахстана» принимает к публикации оригинальные статьи научного и научно-технического содержания, отражающие результаты исследовательской и научной деятельности, имеющие рекомендации к практическому применению решаемых вопросов по следующим направлениям (полный перечень рубрик указан на сайте [minmag.kz](http://minmag.kz)):**

- ✓ *Геотехнология (подземная, открытая и строительная)*
- ✓ *Геомеханика, маркшейдерское дело и геодезия*
- ✓ *Разрушение горных пород*
- ✓ *Горные машины и оборудование*
- ✓ *Обогащение полезных ископаемых*
- ✓ *Геоэкология горно-перерабатывающей промышленности*
- ✓ *Охрана труда и промышленная безопасность*
- ✓ *Теоретические основы проектирования горно-технических систем*
- ✓ *Металлургия*
- ✓ *Горно-промышленная геология и геофизика*
- ✓ *Экономика горно-металлургической отрасли*

По указанным направлениям также принимаются статьи обзорного характера, отвечающие критериям первой научной публикации.

**Дополнительные рубрики:**

- ✓ *Подготовка кадров (применительно к теме журнала)*
- ✓ *История горного дела, металлургии и геологии*
- ✓ *Юбилеи*
- ✓ *Реклама*

**2. Основные требования к статьям, представленным для публикации в журнале:**

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метадаанные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, **тщательно выверенный вариант** статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата с помощью специальной программы (например, [www.text.ru](http://www.text.ru));
- необходимо указать одно из научных направлений, которому в наибольшей степени соответствует тематика статьи.

**3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:**

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском и русском языках;
  - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов;
  - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна) предоставляются на казахском и русском языках;
  - полное название организации (-ий), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
  - аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация (реферат) предоставляется на казахском и русском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
    - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском и русском языках;
    - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
    - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года, предоставляется на казахском и русском языках.

**Основной раздел статьи на казахском или русском языках должен быть четко структурирован.**

- ✓ Введение (*Introduction*) должно отражать актуальность темы исследования, обзор литературы по теме, постановку проблемы, формулировку целей и задач исследования.

✓ Методы/исследования (*Materials and Methods*) – описание методов исследования, схем экспериментов (наблюдений) с тем, чтобы позволить другим ученым и практикам воспроизвести результаты, пользуясь лишь текстами статьи; описание материалов, приборов, оборудования, выборка и условия проведения экспериментов (наблюдений).

✓ Результаты (*Results*). Этот раздел должен отражать фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).

✓ Обсуждение результатов (*Discussion*) – типовая структура этого раздела имеет такой вид:

- чем могут быть объяснены полученные результаты;
- благодаря каким именно особенностям предложенных решений обеспечиваются преимущества;
- что можно считать преимуществами данного исследования по сравнению с аналогами;
- в чем состоят недостатки исследования;
- в каком направлении исследование целесообразно развивать, с какими трудностями при этом можно столкнуться.

✓ Заключение (*Conclusion*) – краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в ней.

✓ Благодарности (*Acknowledgments*) – выражение признательности коллегам за помощь.

**ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ** оформляются отдельным блоком на казахском, русском и английском языках.

**РИСУНКИ** должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисуночном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. Подписи к рисункам и заголовки таблиц **ОБЯЗАТЕЛЬНЫ**.

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ** следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские – курсивом. **Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста** (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ** составляется в порядке цитирования и оформляется в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках. В список литературы не включаются любые материалы, не имеющие конкретного автора, в том числе: законы, стандарты (включая ГОСТ), статьи из словарей и энциклопедий, страницы сайтов, для материалов которых не указан конкретный автор и интервал страниц. Если у Вас возникает необходимость сослаться на подобные материалы, то ссылки на них оформляются как сноски в тексте статьи. Список приводится на русском (казахском) языке, а также в переводном и транслитерированном варианте (транслитерация выполняется по стандарту BSI: <https://translit.net/ru/bsi/>). Оба варианта списка литературы должны быть идентичны по содержанию. Сначала подготавливается русскоязычный (казахскоязычный) список литературы, включающий все источники (даже на иностранных языках), затем он переводится на английский язык и транслитерируется.

**К статье прилагаются сведения на английском языке:**

✓ заглавие (Title) – без сокращений и транслитерации, кроме случаев, когда встречаются непереводаемые названия имен собственных, например, название предприятий, приборов и др.;

✓ фамилия и инициалы (автора (-ов) (Byline) – транслитерация по системе BSI (<http://www.translit.ru>). Для англоязычных метаданных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия;

✓ сведения об авторе (-ах), без сокращений;

✓ полное название организации (аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность, в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД Scopus), ее адрес, город, страна с указанием индекса;

✓ реферат (аннотация) – Abstract. В реферат не допускается включать ссылки на источники из полного текста, а также аббревиатуры, которые раскрываются только в полном тексте. Реферат должен быть:

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой казахско-русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированным (следовать логике описания результатов в статье, кратко отображая основные мысли, содержащиеся в ее структурных частях – от проблемы, цели и методов до результатов исследований, предложений и главных выводов);
- быть написанным качественным английским языком;
- объемом не менее 700, но не более 900 знаков, включая пробелы.

✓ ключевые слова (Keywords) в количестве не менее 10, сокращения не допускаются, также не допускается использование слов в кавычках.

#### 4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении не менее 5 (пяти) экземпляров журнала с 50% скидкой, которые он(они) имеют право распространять среди горной общественности. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги. После оплаты статья публикуется в очередном номере журнала, а автору(авторам) предоставляются экземпляры журнала, согласно счету.

Известному горному инженеру-производственнику, гармонично и успешно сочетающему в своей творческой жизни организаторские способности, научное осмысление каждого шага и государственный подход к проблемам развития горно-металлургической отрасли – Мурату Арзаевичу Муртазаеву 3 марта 2022 г. исполнилось 70 лет.

Родился он в г. Аксай Западно-Казахстанской области. В одной статье сложно изложить большой и плодотворный жизненный путь Мурата Арзаевича – человека природного обаяния, всесторонне развитого, ровного в общении с окружающими, внимательного к людским проблемам. Он принадлежит к поколению, вложившему огромный труд в воспитание молодежи, чья жизнь является примером для подрастающего поколения.

Окончил он КазПТИ им. В.И. Ленина (1974 г.), горный инженер. С 1974 г. – подземный проходчик, мастер, помощник начальника участка, начальник участка рудника, главный инженер Иртышского рудника, Иртышского полиметаллического комбината им. 50-летия КазССР. С 1981 г. – заместитель главного инженера рудника Белогорского ГОК; начальник участка, заместитель главного инженера шахтостроительного управления треста «Свинешахстрой»; главный инженер, начальник рудника «Огневка» Белогорского ГОК. С 1986 г. – директор рудоуправления (с 1987 г. – комбината) «Майкаинзолото». С 1991 г. – генеральный директор ПО «Каззолото». С 1993 г. – первый вице-президент НАК «Алтыналмас». С 1995 г. – заместитель, первый заместитель Министра промышленности и торговли РК. В 1995-1996 гг. – управляющий Карметкомбината, заместитель Министра, и.о. министра промышленности и торговли РК (декабрь 1996 г. – август 1997 г.). С августа 1997 г. – исполнительный директор Текелийского СЦК,



**Мурат Арзаевич Муртазаев**  
(к 70-летию  
со дня рождения)

вице-министр энергетики, индустрии и торговли РК. С 1998 г. – вице-президент ЗАО «НАК Казатомпром». С 1999 г. – заместитель акима Акмолинской области. С 2001 г. – первый вице-министр экономики и торговли РК. С 2002 г. – советник президента, директор по развитию АО «Акционерная компания «Алтыналмас». В 2008 г. по поручению правительства он создал НАК «Тау-кен Самрук» и являлся ее председателем правления в 2008-2011 гг. С 2011-2012 гг. – генеральный директор ТОО «Байкен», советник компании «Марубени» (Токийский офис).

Мурат Арзаевич – независимый член Совета директоров КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, председатель ГАК (ГЭК) КазНИТУ им. К.И. Сатпаева; председатель комиссии по приему в докторантуру и магистратуру, председатель ГАК (бакалавриат и магистратура) по защите дипломных проектов по горным специальностям при КазНИТУ им. К.И. Сатпаева с 2015 г. по настоящее время.

По поручению Правительства для утверждения в Верховном Совете, затем в Мажилисе РК М.А. Муртазаев был руководителем национальной программы «Золото Казахстана»; участвовал в создании «Концепции промышленной политики Казахстана». По поручению Фонда «Самрук-Казына» руководил созданием стратегии НАК «Тау-кен Самрук» до 2020 гг. По контракту с Бельгийской компанией курировал строительство карьера и обогатительной фабрики на месторождении титана Сатпаевское (Бектемир) в Восточно-Казахстанской области.

В настоящее время М.А. Муртазаев – член совета директоров ЗАО «Казатомпром» (1998-1999 гг.), ЗАО «Казахойл» (2001-2002 гг.), НАК «Тау-кен Самрук» (2008-2009 гг.), с 2012 г. – независимый член Совета Директоров ТОО «Шубаркольуголь».

*Горная общественность Казахстана, редколлегия «Горного журнала Казахстана», друзья и коллеги поздравляют Мурата Арзаевича со знаменательной датой и желают юбиляру отличного здоровья, долгих лет жизни, успехов в работе, благополучия и счастья.*